

301
ОПРОСЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА
НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ
И ЖИЛИЩНО-САНИТАРНОГО ДЕЛА

628
13-655
А ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА НКЗ

Проф. А. Ф. ВОЙТКЕВИЧ
Инж. И. В. НОВОПАШЕННЫЙ
Инж. С. А. НЕСМЕЯНОВ

ХЛОРИРОВАНИЕ
ПИТЬЕВЫХ
И СТОЧНЫХ ВОД

Д

МЕДГИЗ 1931

ВОПРОСЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА НАСЕЛЕННЫХ
МЕСТ И ЖИЛИЩНО-САНИТАРНОГО ДЕЛА
Под общей редакцией Центрального Государственного
Санитарно-гигиенического института НЦЗ

Проф. А. Ф. ВОЙТКЕВИЧ, инж. И. В. НОВОПАШЕННЫЙ
и инж. С. А. НЕСМЕЯНОВ

ХЛОРИРОВАНИЕ ПИТЬЕВЫХ и СТОЧНЫХ ВОД

ПОСОБИЕ ДЛЯ САНИТАРНЫХ ВРАЧЕЙ,
САНИТАРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ И ТЕХНИКОВ

С ПРЕДИСЛОВИЕМ
проф. А. Н. СЫСИНА

С 30 ЧЕРТЕЖАМИ В ТЕКСТЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ЛЕНИНГРАД

Медгиз № 698 МД 15
IV квартал 1931 г.
Редактор Л. А. Лерман
Техредактор В. В. Соколов

~~О
Р
В~~

~~1938
ПРОВЕРЕНО~~

~~ГОСУДАРСТВЕННАЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
И. Т. У. Д. С. С. У.~~

~~ПРОВЕРЕНО
1936 г. № 23460~~

$\frac{849}{1936}$

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
И. Т. У. Д. С. С. У.

2977 $\frac{8}{60}$

$\frac{1}{13262}$

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Хлорирование питьевой воды за последние два десятилетия получило повсюду права гражданства. Две группы фактов особенно способствовали этому: с одной стороны, наблюдавшиеся в различных городах и других населенных местах вспышки кишечных инфекций водного происхождения, требовавшие быстрой и радикальной дезинфекции питьевой воды массового пользования, и, с другой стороны, мировая война 1914—1918 гг. с такими же запросами и санитарными требованиями на фронтах для нужд войсковых частей. Эти причины создали естественно большую популярность такому способу обеззараживания питьевой воды, как хлорирование, ибо здесь мы имеем как раз метод, удовлетворяющий ряду условий, — быстрота действия, дешевизна, несложность оборудования и — что самое главное — хороший эффект.

Эти положительные стороны хлорирования вызвали одно время чересчур преувеличенную оценку этого метода. Ряд практиков в области водоснабжения готов был считать хлорирование вообще наиболее рациональным способом обезвреживания и очистки воды — способом, могущим заменить все другие.

Гигиенисты однако заняли более осторожную позицию и, относясь также положительно к хлорированию ввиду его бесспорных результатов, установили ряд условий, лишь при проведении которых хлорирование должно быть применяемо.

Первое и основное условие для обычного типа водопроводов — это необходимость предварительной механической очистки воды (отстойники, коагуляция и фильтрация); при наличии этой очистки хлорирование является очень полезной дополнительной и часто необходимой мерой дальнейшего обезвреживания воды.

Второе условие—это необходимость тщательного санитарного надзора при проведении хлорирования, в частности тщательного надзора за дозировкой хлора, применением антихлора в случае надобности, установлением активного хлора в хлорной извести и пр. При соблюдении этих условий в значительной мере могут быть устранены возможные вредные моменты хлорирования.

Наряду с постоянным применением хлорирования на водопроводах сохраняется и чрезвычайно ценное значение этой меры, как временной при вспышках кишечных эпидемий, в военной обстановке—на фронтах, а также и на полевых работах в совхозах и колхозах. Во всех этих случаях быстрое и правильное применение методов хлорирования может дать необходимые результаты в самое короткое время. То же надо сказать и про предупредительное хлорирование при опасности развития тех же эпидемий, особенно при скоплении пришлого населения, среди сезонных рабочих; на новых стройках и прочих условиях работы многих населенных мест СССР, имеющих центральное водоснабжение, хлорирование приобретает особое значение и как мера своего рода «страховки» водопроводных сооружений. Те или иные недостатки в установках по водоснабжению, неправильности и дефекты их оборудования и эксплуатации, приносящие санитарный ущерб и в обычное время, могут в момент развития кишечных инфекций сыграть губительную роль, содействуя взрыву этих эпидемий. Быстрое применение в этих случаях метода хлорирования питьевой воды, подаваемой в сеть, может спасти положение.

Поэтому вполне рационально и целесообразно обязательное устройство установок по хлорированию на всех водопроводах с целью иметь возможность в случае надобности немедленно применить этот метод.

Крайне необходимо далее точное инструктирование врачей и техников как в сущности этого метода, так и в практическом его проведении.

Метод хлорирования получает в настоящее время широкое распространение также и в области дезинфекции сточных вод. При быстром развитии промышленности, росте новых индустриальных центров, росте крупных совхозов с крупной сельскохозяйственной промышленностью в свою очередь выдвигается необходимость сравнительно дешевого и в то же время верного метода обеззараживания соответствующих сточных вод.

Во многих случаях метод хлорирования является наиболее удобным и практичным. Необходимо однако и здесь

строго индивидуализировать условия применения хлорирования, считаясь со всеми условиями получения, состава и спуска сточных вод.

Работа профессора А. Ф. Войткевича и инженеров И. В. Новопашенного и С. А. Несмеянова дает сжатый и научно обоснованный обзор этого метода обеззараживания питьевых и сточных вод.

Предлагаемые материалы заслуживают большого внимания санитарных врачей, санитарных инженеров и коммунальных работников.

Проф. А. Е с и н.

Москва
февраль 1931 г.

ОТ АВТОРОВ

В основу настоящего издания положена изданная в 1929 г. работа А. Ф. Войткевича и И. В. Новопащенко — «Хлорирование питьевой воды». В печатаемой работе в главу о хлорировании питьевой воды введены новые данные, появившиеся в специальной печати после издания указанной выше брошюры. Введены вновь: описание более чувствительных проб на хлор, дающих возможность определять в воде минимальное количество хлора и хлорирование вновь уложенных трубопроводов; дан новый материал о системах хлораторов и введены специальные главы: уход за хлораторами и контроль за хлорированием воды на водопроводах. Кроме того даны в приложениях: инструкция по хлорированию питьевой воды жидким хлором при помощи хлораторов, инструкция по хлорированию питьевой воды хлорной известью, санитарные правила по хлорированию питьевых вод изд. НКЗ РСФСР, и такие же правила по хлорированию сточных вод; положение НКЗ РСФСР о постоянном лабораторном контроле за хлорированием питьевых и сточных вод и положение о проведении регулярного надзора и лабораторного контроля за центральным водоснабжением.

Считаясь с тем, что в 1930 г. НКЗ были изданы правила по хлорированию сточных вод, в настоящем издании с целью теоретического и практического освещения этого вопроса введена новая глава: «Хлорирование сточных вод», написанная инж. Несмеяновым. В связи с этим работа идет под новым заголовком «Хлорирование питьевых и сточных вод».

Проф. А. Войткевич
Инж. И. В. Новопащенко
Инж. С. А. Несмеянов

Февраль, 1931 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
От авторов	6
ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ХЛОРИРОВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ	
Введение	9
ГЛАВА I. Хлорирование питьевой воды	11
Исторические данные	11
Теория хлорирования питьевой воды	12
Влияние хлорной извести на химический состав хлорируемой воды	15
Вкус и запах хлорируемой воды	16
Удаление оставшегося в воде хлора	17
Проба на содержание в хлорируемой воде активного хлора	18
А. Ортотолидиновый метод	19
Б. Бензидиновый метод Ольшевского	20
Определение свободного хлора в испытуемой воде	21
Бактерицидное действие хлора на бактерии	22
Увеличение количества бактерий после хлорирования	24
Применение хлорирования на практике	26
Установление потребной дозы хлора без бактериологического исследования	29
Хлорирование избыточными дозами хлора с последующим дехлорированием	30
Отзывы специалистов о хлорировании питьевой воды	33
ГЛАВА II. Техника хлорирования воды на водопроводных установках	36
Хлорная известь, ее свойства и хранение	—
Определение активного хлора в хлорной извести	—
Приготовление растворов хлорной извести	37
Место ввода хлора на водопроводе	39
Дозирующие бабки	43
Подсчет количества раствора хлорной извести соответственно дозе и практическая установка его на водопроводе	48
Дезинфекция водопроводной сети и фильтров	49
Действие растворов хлорной извести на трубы и части машин при хлорировании воды	51
ГЛАВА III. Хлорирование питьевой воды в сельских местностях и на мелких установках	52
Хлорирование на мелких установках	54
Установка для хлорирования воды с автоматической подачей раствора хлорной извести	59
ГЛАВА IV. Хлорирование воды в условиях военного времени	65

ГЛАВА V. Применение газообразного хлора для дезинфекции воды	72
Свойства хлора. Реакция взаимодействия газообразного хлора с водой. Преимущество газообразного хлора перед хлорной известью при дезинфекции воды. Дозы газообразного хлора, применяемые на практике	—
Техника дезинфекции воды газообразным хлором	77
Хлораторы фирмы Wallace-Tiernan	79
Хлораторы фирмы Paradon	85
Хлораторы фирмы Paterson	86
Хлоратор д-ра Орнштейна	87
Хлоратор инж. Б. М. Ремесницкого	92
Стоимость воды, хлорированной газообразным хлором	—
Условия, которые следует соблюдать при установке хлораторов	95
Уход за хлоратором	96
Положение в Америке с хлорированием воды	98

ГЛАВА VI. Контроль за хлорированием воды на водопроводах	103
--	-----

ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ХЛОРИРОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

ГЛАВА I. Теория хлорирования сточных вод	109
Исторические данные	—
Химическое действие хлора	110
Уничтожение запаха сточных вод хлорированием	112
Бактерицидное действие хлора в сточных водах	113
Влияние хлорирования на загниваемость сточных вод	117
Изменение физико-химических свойств сточных вод при хлорировании	118
ГЛАВА II. Практика хлорирования сточных вод	119
Дезинфекция стоков хлором	—
Хлорирование взамен биологической очистки	122
Другие области применения хлорирования в технике обработки сточных вод	123
Употребление хлорной извести и газообразного хлора	124
Аппаратура хлорирования	126
Контроль за хлорированием	—

ПРИЛОЖЕНИЯ

Инструкция работающим при хлораторах на Рублевской насосной станции Московского водопровода	128
Инструкция дежурному дозировщику Чулковской водоподъемной станции в г. Туле	139
Положение о постоянном лабораторном контроле за хлорированием питьевых и сточных вод	146
О проведении регулярного надзора и лабораторного контроля за центральным водоснабжением	148
Санитарные правила по хлорированию питьевых вод	150
Санитарные правила по хлорированию сточных вод	158
Литература	162

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ХЛОРИРОВАНИЕ ПИТЬЕВЫХ ВОД

Проф. А. Ф. Войткевич и инж. И. В. Носопашенный

ВВЕДЕНИЕ

Вполне установлено, что резкое уменьшение смертности от водных эпидемий (тиф, холера, дизентерия) в городах тесно связано с улучшением водоснабжения. Поэтому крайне важно обеспечить население здоровой питьевой водой.

Когда вода, предназначенная для водоснабжения, не вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к безупречной воде, приходится применять способы очистки воды. Для этого пользуются отстаиванием и фильтрацией.

Продолжительным отстаиванием воды можно достигнуть весьма благоприятных результатов. Мутная вода, осветляясь, не только освобождается от взвешенных частиц органического и неорганического происхождения, но и от бактерий, число которых при более длительном отстаивании (несколько недель) может уменьшиться на 75 — 90 %. Отмечено, что патогенные бактерии при продолжительном отстаивании не только осаждаются, но и уничтожаются вследствие происходящего самоочищения воды.

При кратковременном отстаивании в течение нескольких часов, как оно применяется в обычных условиях, соответственно уменьшается и эффект очистки. Поэтому отстаивание дополняется фильтрацией. Фильтрацией достигается освобождение воды от мути и очень резкое уменьшение числа бактерий. Английские фильтры при правильной их работе задерживают до 99 % бактерий.

В тех случаях, когда существующие очистительные сооружения в силу каких-либо причин (перегрузки, не рационального устройства и т. д.) не дают в санитарном отношении удовлетворительных результатов очистки, а во время

водных эпидемий даже и при наличии английских фильтров, для большей гарантии населения от заражения прибегают к дезинфекции воды. Последняя достигается в домашней обстановке кипячением, а на водопроводных станциях путем химической очистки (озонированием, хлорированием). Применяется также действие ультрафиолетовых лучей. Кипячение является самым простым и надежным способом обезвреживания воды, но к сожалению этот способ нельзя применять на центральных станциях. Для обезвреживания воды на водопроводах наиболее простым и дешевым способом является хлорирование воды.

Наркомздрав, придавая большое значение хлорированию в деле улучшения водоснабжения населенных мест, издал в 1929 г. санитарные правила по хлорированию питьевых вод, согласно которым вода как поверхностных, так и грунтовых источников, применяемая для водоснабжения, если не является безупречной в санитарном отношении, должна подвергаться хлорированию.

В 1930 г. Наркомздравом изданы санитарные правила по хлорированию сточных вод.

Третий Всесоюзный водопроводный и санитарно-технический съезд в г. Ростове в 1929 г. сделал следующее постановление относительно хлорирования воды:

«Признавая на основании опыта американских и западноевропейских стран и нашего Союза, огромное практическое значение хлорирования в качестве меры, позволяющей, при правильном проведении хлорирования, быстро и с незначительной затратой средств бороться с опасностью водных инфекций, съезд признает желательным хлорирование во всех тех случаях, где не имеется возможности обеспечить население безупречной естественной питьевой водой; при этом необходим контроль за хлорированием, осуществляемый лабораторными работниками или, где таких невозможно иметь, надлежаще инструктированными лицами.

Однако применение хлорирования никоим образом не исключает необходимости проведения как постоянных мероприятий по санитарной охране источников водоснабжения, так и общих мероприятий по оздоровлению населенных центров, поскольку питьевая вода является отнюдь не единственным источником даже тех эпидемий, в распространении которых она играет главную роль.

Съезд обращает внимание правительства на:

1) необходимость развития хлородобывающей химической промышленности для более полного удовлетворения потребности в хлоре для целей водоснабжения;

2) необходимость расширения производства стальных баллонов для жидкого хлора;

3) необходимость развития производства хлораторов;

4) желательно, чтобы все без исключения водопроводы имели установки для хлорирования и дезинфекции воды на случай возможных загрязнений при авариях и пр.

Вопросы о хлорировании воды необходимо поставить программным вопросом ближайшего съезда».

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ХЛОРИРОВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Исторические данные

Впервые хлорирование питьевой воды было применено в 1894 г. Траубе. Вначале этот способ в своем практическом осуществлении встречал много препятствий и применялся только в исключительных случаях как временная мера во время водных эпидемий. Но в дальнейшем он получил широкое распространение, вытеснив почти другие способы дезинфекции воды благодаря своей дешевизне и вполне благоприятным результатам.

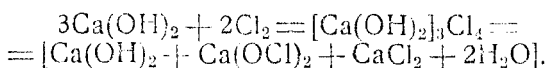
С 1911 г. во многих городах Соединенных штатов Сев. Америки хлорирование воды введено как постоянное мероприятие при очистке воды, получаемой из открытых источников (рек, озер). По данным отчета ассоциации американских водопроводных инженеров в Соединенных штатах Северной Америки в 1924 г. хлорирование применялось более чем в 3 000 городах, на 6 000 установках, из коих приблизительно 12% было электролитическо-гипохлоритных установок, 25% применяли хлорную известь, а остальные — жидкий хлор. Воды в день хлорировалось 14,5 млн. м³.

В Западной Европе точно так же хлорирование применяется тоже на многих установках.

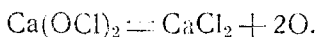
В России хлорирование впервые было применено в Ростове-на-Дону и на ярмарочном водопроводе в Нижнем-Новгороде во время холерной эпидемии в 1910 г. С этого времени оно применяется как на городских, так и на железнодорожных водопроводах как постоянная или как временная мера. В настоящее время в СССР для хлорирования воды пользуются как хлорной известью, так и сгущенным хлором.

Теория хлорирования питьевой воды.

Хлорная известь представляет продукт действия газообразного хлора на гашеную известь:



Окислительное действие получающегося вещества $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, носящего название хлорноватисто-кальциевой соли, или гипохлорита кальция, сводится к выделению кислорода (а не хлора) согласно формуле:

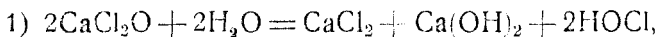


Так как кислород является двухвалентным элементом, следовательно граммоллекула кислорода эквивалентна 2 граммоллекулам хлора. Поэтому такая соль теоретически при пересчете на содержание активного хлора показывает содержание последнего в 99%. Однако на практике не пользуются чистой кальциевой солью хлорноватистой кислоты, а работают с техническим продуктом CaCl_2O , распад которого идет следующим образом:



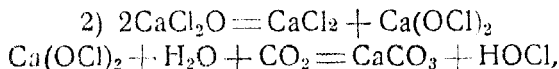
т. е. теоретическое содержание активного хлора в этой соли равно 56%. На практике однако техническая хлорная известь содержит не более 35—39% активного хлора ввиду содержащихся в ней примесей гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и хлористого кальция CaCl_2 .

Хлорная известь может распадаться и с выделением свободного хлора, но на практике в нейтральной или щелочной среде, каковой является вода, действующим веществом оказывается не хлор, а кислород. Реакция распада хлорной извести при хлорировании воды протекает по следующей схеме, даваемой проф. Гертнером.



т. е. хлорная известь в результате гидролиза дает хлористый кальций, гидрат окиси кальция и хлорноватистую кислоту (HOCl).

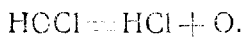
Или по следующей:



т. е. хлорная известь сначала распадается на хлористый кальций и гипохлорит кальция (кальциевая соль хлорноватистой

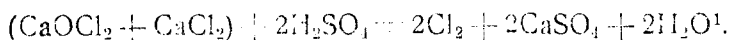
кислоты), а в дальнейшем происходит гидролиз этой соли, причем содержащаяся в воде углекислота образует углекислый кальций (или двууглекислый $[\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2]$ и хлорноватистую кислоту.

Таким образом в обоих случаях конечным продуктом оказывается HOCl , которая в свою очередь в водном растворе подвергается диссоциации с образованием в виде конечных продуктов соляной кислоты и активного кислорода



Соляная кислота тотчас же вступает в реакцию с содержащимися в воде бикарбонатами (главным образом кальция) и дает хлористый кальций CaCl_2 , а кислород действует как окислитель на содержащиеся в воде органические вещества в том числе и на бактерии, на закисные соединения, например железа (FeCO_3) и т. д.

По вопросу о содержании активного хлора в нашей специальной литературе встречаются недоразумения, на которых необходимо остановиться. В недавно появившейся брошюре проф. Углова «Теория и практика хлорирования воды» содержится указание, что полного выделения активного хлора при применении слабых кислот (уксусной, угольной) не происходит «серная же или крепкая соляная (уд. в. 1,19) взятые в избытке, выделяют,—пишет автор,—из белильной извести весь активный хлор по формуле

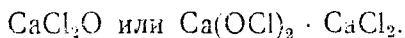


Вот почему,—заключает автор,—следует брать для определения всего активного хлора в хлорной извести избыток достаточно крепкой кислоты» (стр. 14). Аналогичные указания мы встречаем и у проф. Хлопина.

Предположение, что хлористый кальций под влиянием хотя бы и самых крепких кислот может выделять активный хлор, является неверным. Реакция в данном случае может протекать лишь по уравнению:



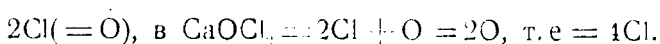
Формулу хлорной извести мы можем написать:



Но как ни написать эту формулу, все равно с точки зрения химической реакции нельзя допустить превращение хлора хлоридов в активный хлор. Ведь в таком случае и из хлоридов

ристого натрия (NaCl) под влиянием крепких кислот выделялся бы активный хлор. Хлор хлоридов следует рассматривать как мертвый хлор, который не может превратиться в активный хлор. Рекомендуемое на практике при анализе хлорной извести прибавление крепких кислот делается для того, чтобы вытеснить хлор из могущих содержаться незначительных примесей солей хлорноватистой кислоты (HClO₂).

Так как содержание активного хлора в хлорсодержащих препаратах является условным выражением, понимаемым как показатель возможного окисляющего действия этого препарата и измеряется иодометрически, то содержание активного хлора в CaOCl₂ равно



Идет ли реакция по уравнению $\text{Ca}(\text{OCl})_2 = \text{CaCl}_2 + 2\text{O}$, т. е. с выделением активного кислорода, или по уравнению $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + 2\text{HCl} = 4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2$, т. е. с выделением Cl все равно как 2O, так и 4Cl оказывают одинаковое окисляющее действие, и мы получаем в результате одинаковые результаты при определении активного Cl в препарате.

Точно так же мы не можем согласиться с утверждением того же автора (стр. 15), что при применении для хлорирования воды хлорной извести диссоциация HOCl идет медленнее, чем при хлорировании непосредственно хлором, вследствие того, что «ионы кальция связывают образующиеся кислоты и, так сказать, тормозят окисляющее или субституционное действие хлора». Ведь при хлорировании на практике в воде имеется ионов кальция такое большое количество по сравнению с вводимым в виде хлорной извести, что на ходе реакции последняя величина отразиться не может. Гидролиз хлорной извести протекает сравнительно медленно благодаря известной стойкости гипохлорита кальция. Поэтому образование HOCl при применении хлорной извести происходит медленнее, чем при применении водного раствора хлора. После же того как произошло образование HOCl (хлорноватистая кислота), диссоциация этой последней в обоих случаях в одной и той же воде происходит с одинаковой скоростью. Кстати OCl⁻¹ не может диссоциировать на O⁻ и Cl, т. е. на 2 иона с зарядом одного и того же знака, как это мы находим на стр. 15 брошюры проф. Углова.

¹ В это уравнение у автора вкралась ошибка, так как нехватает одного кислорода (O).

Влияние хлорной извести на химический состав хлорируемой воды

В отличие от окислительного действия в кислой среде как солей хлорноватистой кислоты, так и других окислителей (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KClO_3) в нейтральной и щелочной средах, хлорная известь является в сущности весьма слабым окислителем, действующим главным образом на наименее устойчивые соединения. Этим свойствам солей хлорноватистой кислоты объясняется их действие на ткани, когда они, обесцвечивая красящее вещество, не затрагивают основного вещества ткани—клетчатки. Этим же по данным Клютта и С. А. Озерова объясняется ничтожное понижение окисляемости воды после хлорирования. Если принять во внимание незначительные количества вводимого обыкновенно в воду активного хлора, то незначительное понижение окисляемости станет еще более понятным. Точно так же по данным ряда авторов хлорирование или совсем не оказывает никакого действия на физические свойства воды или же, в лучшем случае, оказывает его в весьма слабой степени в смысле понижения цветности или повышения прозрачности хлорируемой воды. По данным С. А. Озерова в опытах с паводочной москворецкой водой удалось констатировать сравнительно небольшое уменьшение цветности—при дозе в 1 мг Cl_2 : 1 л на 11—18%, при дозе 2 мг Cl_2 : 1 л на 22—28%, при дозе 3 мг Cl_2 : 1 л на 27—33%, что по мнению С. А. Озерова следует приписать не столько окисляющему действию гипохлоритов, так как соответственные понижения окисляемости менее значительны, сколько коагулирующему действию на коллоидные вещества раствора едкой извести, входящей в состав технической хлорной извести в количестве 6—7%.

По данным С. А. Озерова под влиянием небольших доз хлорной извести имели место следующие изменения паводочной москворецкой воды (см. табл. на стр. 16).

Из неорганических соединений нитриты и соединения закиси железа переводятся в нитраты и окисные соли железа; сульфиды окисляются в сульфаты; содержание хлоридов возрастает в ничтожной степени (примерно на 1 мг при такой же дозе активного хлора); жесткость воды в результате введения хлорной извести повышается, как видно из нижеупомянутой таблицы, весьма слабо: при обычной дозе 1 л 1 мг активного хлора повышение жесткости выразится всего в 0,2 немецких градуса.

	Доза хлорной из- вести в мг Cl ₂ · l ⁻¹	Карбонатная жест- кость (щелочность)	Окисляемость филльтрованной воды	Щелочность в аме- риканских градусах	Хлоридов через 20 часов	Хлор активный через 20 часов
Москворецкая вода от 11 ок- тября 1917 г.	0	2,6	9,7	55	0,6	0
	1	2,8	9,6	45	1,7	0
	2	2,8	9,5	43	2,9	0
	3	2,8	9,4	40	4,1	0
Москворецкая вода от 19 ок- тября 1917 г.	0	8,2	6,8	45	1,3	0
	1	8,6	6,5	40	2,5	0
	2	8,6	6,4	32	3,6	0
	3	8,6	6,2	30	4,9	0

Вкус и запах хлорированной воды

Хлорированная вода обладает неприятным вкусом обыкновенно лишь в том случае, если после хлорирования осталось довольно значительное количество неизрасходованного хлора. На основании опытов над водой из берлинского водорозвода (р. Шпре) Клют установил следующую градацию в связи с различным содержанием активного хлора в воде:

Акт. Cl (в мг на 1 л)	Вкус	Запах
1,5	Явственный	Сильный
1,0	Различимый	Явственный
0,75	Слабый	Довольно явственный
0,5	Очень слабый	Слабый
0,3	Неразличимый	Очень слабый
В дистиллированной воде вкус и запах заметнее при меньших дозах		
0,75	Явственный	Довольно сильный
0,5	Слабый	Явственный
0,3	Очень слабый	Слабый
0,2	Едва ощутимый	Очень слабый

Запах выступает отчетливее, чем вкус. Для берлинской одопроводной воды граница распознавания на вкус находится при содержании около 0,5 мг, для дистиллированной воды—около 0,3—0,2 мг на 1 л.

При подогревании или распылении воды можно распознать на запах 0,3 мг Cl на 1 л, для дистиллированной воды — 0,2 мг на 1 л.

Иногда в хлорированной воде, при отрицательной реакции на хлор ощущается неприятный «запечный» запах, напоминающий запах подоформа. Это наблюдается в воде с сильной мутью или богатой органическими веществами и может быть объяснено или какой-либо побочной реакцией гипохлоритов с органическими веществами или же адсорбцией гипохлорита на поверхности взвешенных или коллоидальных веществ воды. Вопрос этот пока еще вполне не выяснен.

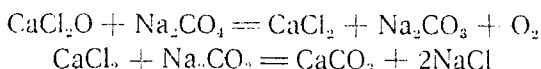
Удаление оставшегося в воде хлора

Для удаления оставшейся в воде неизрасходованной хлорной извести или хлора (дехлорирование) применяется серноватистокислый и сернистокислый натрий ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и Na_2SO_3). Эти соединения связывают даже значительные количества хлора в 5—10 мг на 1 л. После этого вода теряет неприятные вкус и запах, обусловленные наличием свободного Cl.

Реакция с гипосульфитом протекает по следующему уравнению: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5\text{H}_2\text{O} + 8\text{Cl} = \text{NaHCO}_3 + 8\text{HCl}$, так как гипосульфит содержит 5 ч. кристаллизационной воды, то следовательно 8Cl, т. е. 284 весовых единицы хлора, требуют для связывания 248 весовых единиц гипосульфита, или 100 ч. хлора требуют 87 частей гипосульфита.

Реакция с сернистокислым натрием идет по следующему уравнению: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$, так как сернистокислый натрий содержит 7 ч. кристаллизационной воды, то следовательно 2Cl, т. е. 71 весовая единица хлора, требует для связывания $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 252 весовых единицы, или 100 ч. хлора требуют 355 частей сернистокислого натрия.

Диттгорн применял для дехлорирования твердый препарат перекиси водорода с карбамидом, называемый оргизон — $2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{HCl} + 2\text{O}$ или $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + 3\text{O}$. Для дехлорирования применяется также надуглекислый натрий (Na_2CO_4). Реакция протекает следующим образом:



Однако эта реакция не проходит строго количественно и поэтому едва ли может быть широко рекомендована.

Проба на содержание в хлорируемой воде активного хлора

Для определения активного хлора в пробирку с водой прибавляют несколько капель соляной или серной кислоты (1 : 3), или, еще лучше, уксусной кислоты (12%), 10% подистого калия и свежеприготовленного крахмального клейстера. В присутствии хлора появляется синее окрашивание.

Для большей чувствительности определения берется 250—500 см³ воды, которая наливается в цилиндр или колбу, чтобы получился высокий столб воды, затем прибавляются по 2—3 см³ соляной или серной кислоты и подистого калия и 1 см³ 1% крахмального клейстера.

В том случае, если в воде находится азотистая кислота, последняя тоже будет реагировать с иодистым калием с выделением свободного хлора. Поэтому является вопрос, как определить — присутствует ли активный хлор в воде, в которой содержится азотистая кислота.

Различие между двумя реагентами — хлором и азотистой кислотой — состоит в том, что первый реагирует с иодистым реактивом сразу и синяя окраска в присутствии хлора получается сразу. Напротив, азотистая кислота дает окраску через некоторое время — через 2—3 минуты.

Сначала рекомендуется испытывать исследуемую воду (без хлора) на азотистую кислоту, и если она окажется, то при пробе на хлор следует внимательно наблюдать момент появления синей окраски.

Для навыка рекомендуется предварительно проделать эти пробы с дистиллированной водой (одна порция с активным хлором, другая — с азотистой кислотой, и третья — с хлором и азотистой кислотой вместе).

При пробе на азотистую кислоту лучше пользоваться реактивом Грисса, который с хлором не реагирует.

Лабораторией Ленинградского водопровода установлена следующая шкала для количественного определения активного хлора.

Содержание активного Cl (мг на 1 л)	Появление синей окраски
0	Нет
0,11	Сомнительное
0,12	Едва заметное
0,13	Заметное
0,17	Слабое
0,24	Ясное
0,40	Резкое

Путем вышеописанной пробы при хлорировании воды на водопроводах ведется контроль исчезновения хлора. Для количественного определения хлора в этих случаях готовится стандартный образцовый раствор с определенным содержанием активного хлора.

Для получения стандартных образцов для различных доз этот основной раствор разводят следующим образом (допустим, что для определения идет 100 см³).

Для дозы в 1 мг Cl на 1 л берут 100 см³ основного раствора

»	»	»	0,8	»	»	1	»	»	80	»	»	-	20	см ³	дестил. воды
»	»	»	0,6	»	»	1	»	»	60	»	»	-	40	»	»
»	»	»	0,4	»	»	1	»	»	40	»	»	-	60	»	»
»	»	»	0,2	»	»	1	»	»	20	»	»	-	80	»	»
»	»	»	0,1	»	»	1	»	»	10	»	»	+	90	»	»

Затем как к исследуемой воде, так и к образцовым растворам (определение ведется в цилиндрах белого стекла емкостью например 100 см³) прибавляют одинаковые количества кислоты, растворов иодистого калия и крахмала.

После этого подбирают к цилиндру с исследуемой водой подходящий по окраске цилиндр образцового раствора и таким образом находят количество хлора в воде.

Для приготовления образцовых растворов вместо хлорной извести лучше употреблять более стойкое вещество — перманганат (KMnO₄), беря его для дозы, соответствующей 1 мг Cl в количестве 0,891 мг на 1 л. Можно приготовить раствор 0,891 г. KMnO₄ на 1 000 см³ и затем такой раствор развести в 1 000 раз.

В издании Пост. бюро водопроводных съездов «Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод» (Москва, 1927) для определения малых количеств активного хлора (от 0,1 до 0,5 мг на 1 л) рекомендуется для колориметрического их определения пользоваться следующим стандартным раствором, 1 см³ которого эквивалентен 0,1 мг активного хлора на 1 л: берется: 5 см³ 10 % иодистого калия + 10 см³ уксусной кислоты + 10 см³ 0,01 нормального перманганата калия, которые доводятся водой до объема в 35,5 см³. Затем этим раствором пользуются так же, как и предыдущим, ведя определение в цилиндрах.

Более чувствительными методами определения активного хлора являются ортотолидиновый и бензидиновый.

А. Ортотолидиновый метод

1. Реактивы. а) Раствор ортотолидина. Растворить 1 г ортотолидина, имеющего точку плавления 129°, в 1 л

разведенной соляной кислоты (100 см³ концентрированной кислоты развести до 1 л); ортотолидин требуемой чистоты может быть получен от Eastman Kodak Company или может быть приготовлен из технического продукта путем экстрагирования водой в аппарате Сокслета. б) Раствор сернокислой меди. Растворить 1,5 г сернокислой меди и 1 см³ концентрированной серной кислоты в дистиллированной воде и довести до 100 см³. в) Раствор двуххромовокислого калия. Растворить 0,025 г двуххромовокислого калия и 0,1 см³ концентрированной серной кислоты в дистиллированной воде и довести до 100 см³.

2. Определение. Смешать в цилиндре Нesslerа 1 см³ толидинового реактива со 100 см³ испытуемой пробы и дать постоять не меньше пяти минут. Небольшое количество свободного хлора вызывает желтое окрашивание, а большое — оранжевое. Для количественного определения полученную окраску сравнивают со шкалой окраски стандартов, приготовленных в таких же цилиндрах из растворов сернокислой меди и двуххромовокислого калия согласно следующей таблицы:

Приготовление постоянных стандартов для определения хлора

Хлор (в мг на 1 л воды)	Раствор сернокислой меди (в см ³)	Раствор двуххромовокислого калия (в см ³)
0,01	0,0	0,8
0,02	0,0	2,1
0,03	0,0	3,2
0,04	0,0	4,3
0,05	0,4	5,5
0,06	0,8	6,6
0,07	1,2	7,5
0,08	1,5	8,7
0,09	1,7	9,0
0,10	1,8	10,0
0,20	1,9	20,0
0,30	1,9	30,0
0,40	2,0	38,0
0,50	2,0	45,0

Б. Бензидиновый метод Ольшевского.

Он позволяет определять хлор до 0,02 мг в 1 л.

Приготовление основного раствора. 40 г бензидина растворяют с 40 см³ воды. Канеобразную массу

переводят в литровую мерную колбу, смывая дистиллированной водой в количестве 750 см³, прибавляют 50 см³ химически чистой соляной кислоты (уд. в. 1,19) и дополняют до черты дистиллированной водой. Сохраняют в темноте. Содержание кислоты в этом растворе соответствует 0,5-нормальному раствору. Так как хлор всего резко реагирует с бензидином при рН = 5,8 — 5,9 (для малых количеств хлора синее-зеленое окрашивание), то для выяснения количества кислоты, которое необходимо добавлять к испытуемой воде для того, чтобы довести ее рН до 5,8 — 5,9, прибавляют к 200 см³ испытуемой воды 4 капли 0,1% спиртового раствора метилроta и затем из бюретки добавляют по каплям 0,1-нормальную соляную кислоту до начинающегося слабого покраснения. Для проверки установленного таким путем количества кислоты добавляют к 200 см³ испытуемой воды (без метилроta) найденное количество кислоты и затем определяют в воде калориметрически рН. Она должна приблизительно равняться 5,8. Если в воде содержится много свободной углекислоты, соляной кислоты потребуется меньше.

Определение свободного хлора в испытуемой воде

Берут 1 л воды и прибавляют к ней такое количество кубических сантиметров $\frac{N}{2}$ соляной кислоты, какое количество кубических сантиметров 0,1 нормальной кислоты пошло на 200 см³ воды. После этого прибавляют к испытуемой воде 0,5 или 1 см³ бензидинового раствора. В случае присутствия в воде активного хлора не менее 0,02 мг появляется зелено-ватое-синее окрашивание, при больших количествах Cl цвет становится интенсивнее.

Для упрощения производства анализов на свободный хлор в одной и той же воде поступают следующим образом. Установивши заранее, сколько требуется добавить к воде кислоты определенного титра, чтобы получить рН = 5,8, готовят смесь бензидинового раствора и $\frac{N}{2}$ соляной кислоты с таким расчетом, чтобы для получения в испытуемой воде рН = 5,8 можно было прибавлять к воде этой смеси 5 или 10 см³ из автоматической пипетки.

Температура воды должна соответствовать приблизительно предполагаемой температуре воды в бассейне, в котором ведется хлорирование.

Бактерицидное действие хлора на бактерии

Действие хлорной извести на бактерии сводится к тому, что растворяемая в воде хлорная известь как легко разлагающееся соединение при соприкосновении с органическим веществом, в том числе и с бактериями, разлагается и окисляет это органическое вещество, в результате чего бактерии погибают.

Бактерии обладают чрезвычайной чувствительностью по отношению к хлору. Согласно нашим данным при хлорировании воды на окисление собственно бактериальных клеток тратится совершенно ничтожная часть вводимого хлора, 1—2%, а может быть и меньше. Таким образом наибольшая часть хлора расходуется непроизводительно, т. е. на окисление мертвого органического вещества. Уже из этого ясно, что чем меньше органического вещества содержится в воде, тем большая часть введенного хлора используется производительно, т. е. на уничтожение бактерий, и следовательно тем меньше можно вводить в такую воду хлора. Кроме того даже и минеральный состав воды не остается без влияния на процесс хлорирования. Сильно влияет также и температура воды. В летнее время при температуре около 20° распад хлорной извести идет в несколько раз быстрее, чем зимой при температуре воды, близкой к нулю. Ввиду этого для хлорирования воды не может быть заранее точно установлена потребная доза хлора. Устанавливать ее приходится каждый раз путем предварительного опыта с различными дозами хлора и с последующим бактериологическим контролем. Состав воды, ее температура и т. п. данные нужны лишь для приблизительной ориентировки, благодаря которой имеется возможность весьма приближенного установления потребной дозы.

Определить лишь с приближением потребную дозу можно путем определения хлоропоглощаемости воды. Для этого к предполагаемой к хлорированию воде прибавляют 1—2 дозы хлора, например в 1 и 2 мг, и затем через определенный промежуток; например через полчаса, определяют количество оставшегося хлора. Температура воды во время опытов должна соответствовать температуре воды, подлежащей хлорированию. На основании потери хлора устанавливают приблизительно количество потребной дозы хлора. Однако это не исключает необходимости установления в дальнейшем более точной дозировки (с бактериологическим контролем).

Иллюстрацией действия хлора на бактерий может служить следующий опыт, произведенный в лабораторных ус-

ловиях, но хорошо освещающий то, что происходит на практике при применении хлорной извести к большой массе воды. Взята была в высшей степени загрязненная вода, содержащая 232 000 бактерий в 1 см³. Вода эта была налита в несколько больших стеклянных банок, в которые прибавлялись последовательно увеличивающиеся дозы хлора ½—1—2—4 мг.

Через определенные промежутки времени определялось путем подсчета на соответствующей среде оставшееся в воде количество бактерий.

	Хлор в мг на 1 л			
	0,5	1,0	2,0	4,0
	Количество бактерий в 1 см ³			
До опыта	232 000	232 000	232 000	232 000
Через полчаса	65 000	2 300	56	77
» 1 час	44 000	180	36	52
» 2 »	29 500	111	23	47
» 4 »	37 000	85	60	40
» 6 »	—	—	—	—
» 24 »	75 000	10	9	5

Таким образом мы видим, что в то время как доза в ½ мг активного хлора оказалась недостаточной для обезвреживания данной воды, доза в 1 мг вполне достигает этой цели, так как остающееся в 1 см³ незначительное число бактерий, выражающееся единицами или десятками, никакой опасности не представляет.

Весьма возможно, что при более детальном подборе дозы в данном случае оказалось бы достаточным применение 0,7—0,8 мг активного хлора.

Насколько быстро идет уменьшение количества бактерий в воде после прибавления к ней хлорной извести, показывает поставленный нами опыт, в котором подсчет бактерий производился через малые промежутки времени. Опыт велся в сырой воде, к которой прибавлялась культура *bact. coli*.

До хлорирования содержалось в 1 см ³ воды 1 814 000 бактерий				
Доза хлора в мг на 1 л	0,5	1,0	2,0	4,0
Количество бактерий через 1 мин.	13 900	1 940	350	280
» » » 2 »	6 000	970	24	8
» » » 5 »	4 500	640	15	5

Как видим, при больших дозах достаточное стерилизующее действие сказывается через 1 минуту. При меньших дозах момент относительной стерилизации наступает позднее, но и здесь наибольшее количество бактерий погибает уже в течение 5 минут. На практике можно считать предельным сроком, в течение которого вполне проявляется стерилизующее действие хлора, промежуток приблизительно в 15-30 минут.

Хлорирование воды так же, как и медленная фильтрация, не дает разумеется полного уничтожения бактерий. Этим путем удастся достигнуть, как мы видели, лишь частичной стерилизации. В числе остающихся после хлорирования микроорганизмов встречаются обыкновенно лишь безвредные сапрофитные виды, главным образом споровые. Это объясняется тем, что споры гораздо устойчивее по отношению к хлору. В наших опытах с хлорированием споровых культур приходилось для получения заметного стерилизующего действия применять дозы в 6 раз больше (6 мг на 1 л), чем для обычных вегетативных форм, и выдерживать очень долгий срок—до 20 часов. Проф. Уинслоу подверг недавно обстоятельному исследованию бактериальную флору, остающуюся после хлорирования воды в Нью-Йорке. Все исследованные им бактерии в количестве 105 культур оказались типичными водными сапрофитами. Среди них представителей кишечной флоры не встречалось. Способность к спорообразованию обнаружили из них 85%.

Увеличение количества бактерий после хлорирования

Общезвестен факт резкого увеличения количества бактерий, наблюдавшийся неоднократно при хлорировании питьевой воды на водопроводах. Это явление неоднократно наблюдалось на Рублевском водопроводе в Москве, на Саратовском водопроводе и др. То же наблюдается и при так называемой частичной стерилизации почвы. В последнем случае независимо от того, какой антисептик вводится в почву (сероуглерод, толуол, хлорная известь и ряд других), через некоторое время после стерилизации цифра бактерий в почве дает обычно резкое увеличение. Этому явлению дается часто различное объяснение. Английские микробиологи Рессель и Гутчисон (Russel and Hutchison) для объяснения этого факта выдвигают протозойную теорию, которая сводится к тому, что при стерилизации в первую очередь погибают Protozoa как более чувствительные к действию антисептика, и в

результате этого бактерии, избавившись от своих антагонистов, размножаются беспрепятственно и дают высокие цифры. Существует взгляд, что здесь мы имеем просто стимулирующее действие на бактерий антисептика — факт, часто наблюдающийся при действии малых доз яда.

Для выяснения этого явления нами были поставлены следующие опыты.

К водопроводной воде, в которую была введена культура *B. coli* comm., прибавлялись различные дозы хлора как в виде хлорной воды, так и хлорной извести, и затем периодически производился подсчет бактерий как в подвергавшихся хлорированию сосудах, так и неподвергавшемся (контрольном). Результаты мы видим на следующей таблице:

Доза хлора в мг на 1 л		0,12	0,25	0,50	1,00	Контр.
Через 1 ч. 20 м.	{ Хлор. вода	13 200	14 100	100	4	13 500
	{ » изв.	11 700	15 300	5 200	неск.	
» 2 » 20 »	{ » вода	11 100	7 300	8	2	—
	{ » изв.	12 300	11 100	2 700	7	
» 24 » 24 »	{ » вода	10 800	1 560	21	2	14 700
	{ » изв.	120 000	90 000	1 200	1 180	
» 3 дня	{ » вода	18 000	27 000	60 000	1	15 000
	{ » изв.	84 000	66 000	120 000	90 000	
» 4 »	{ » вода	14 100	60 000	108 000	1	9 400
	{ » изв.	36 000	54 000	78 000	135 000	
» 5 дней	{ » вода	9 600	48 000	130 000	2	2 700
	{ » изв.	22 000	51 000	180 000	160 000	
» 9 »	{ » вода	20 000	218 000	794 000	680	3 000
	{ » изв.	32 000	56 000	868 000	570 000	

Аналогичный опыт был повторен с сырой водой, к которой вместо культуры *B. coli* comm. было прибавлено некоторое количество почвенной взвеси с целью произвести хлорирование в более естественных условиях (см. стр. 26).

Таким образом в обоих опытах, как с культурой *coli*, так и с естественной микрофлорой, имеет место одно и то же явление: после кратковременного периода стерилизации наступает длительный период стимуляции, когда цифры бактерий в подвергавшейся хлорированию воде превышают во много раз количество бактерий в воде, не подвергавшейся хлорированию (контроль). При разных дозах хлора, как видно из вышеприведенных данных, степень стимуляции различна. До известного предела можно считать, что чем сильнее была предшествовавшая стерилизация, тем выше и последующий скачок в цифре бактерий. Однако при наивысших

Доза хлора в мг на 1 л	0,12	0,25	0,50	1,00	Контроль
Через 2 час.:					
Хлорная вода	188 300	129 000	47 700	6	84 800
» изв.	280 000	184 800	8 500	60	
Через 1 день:					
Хлорная вода	207 500	1 167 500	205 000	4	125 000
» изв.	482 000	295 000	95	75	
Через 2 дня:					
Хлорная вода:	890 000	1 500 000	2 250 000	20	184 000
» изв.	2 000 000	1 700 000	—	20	
Через 5 дней					
Хлорная вода	1 500 000	1 176 000	2 532 000	1 000	23 300
» изв.	1 150 000	1 450 000	3 676 000	1 000 000	
Через 9 дней:					
Хлорная вода	1 034 000	576 000	4 000 000	14 000	6 350
» изв.	385 000	296 000	9 500 000	8 500 000	

дозах (1 мг хлора на 1 л) увеличение количества бактерий или совсем не наблюдалось в течение 9 дней или же подъем бактериальных цифр сильно запаздывал по сравнению с другими дозами, начинаясь например только на 5-й день.

Интересно также отметить последующее резкое возрастание количества бактерий по сравнению с контролем в сосудах, получивших наименьшую дозу хлора (0,12 мг на 1 л), не оказывавшую совершенно стерилизующего действия вначале, но тем не менее впоследствии оказавшую стимулирующее действие.

Таким образом нам представляется несомненным, что хлор оказывает через некоторое время после его введения в среду стимулирующее действие на содержащихся в этой среде бактерий.

Применение хлорирования на практике

При проведении хлорирования на практике, чтобы получить удовлетворительные результаты, необходимо соблюдать следующие условия:

1. Должно быть дано достаточное количество хлорной извести. При этом, чем больше в воде органических веществ, другими словами, чем больше загрязнена вода, тем больше

хлорной извести требуется для ее обезвреживания. Чем вода чище, тем меньших доз достаточно для этой цели.

2. Бактерии для того чтобы быть убитыми хлором, должны находиться в воде в свободном доступном действию хлора состоянии. Каждый комок ила, грязи, находящихся в воде во взвешенном состоянии, включает в себе значительное скопление бактерий. В этом случае хлор в первую очередь действует на поверхность таких комков, и поэтому даже при значительной его дозе находящиеся внутри комков бактерии могут остаться живыми и в дальнейшем размножаться. Поэтому, чем меньше в воде таких взвешенных частиц, т. е. чем вода прозрачнее, тем дезинфицирующее действие хлора полнее. Отсюда практический вывод, что мутную воду, прежде чем ее хлорировать, лучше предварительно осветлить фильтрованием или коагулированием.

Что касается количества применяемой хлорной извести, то прежде всего следует иметь в виду, что хлорная известь как вещество, легко разлагающееся в зависимости от способа хранения, может содержать весьма различные количества действующего (активного) хлора.

Ввиду этого при применении хлорной извести, если имеется возможность, всего лучше определять предварительно содержание в ней активного хлора. Если произвести такое определение не представляется возможным, то можно исходить из расчета, что в неспорченной хлорной извести содержится около 30% действующего хлора. В своих расчетах мы в дальнейшем принимаем для большей осторожности содержание в 25%.

При установлении потребной дозы хлора следует иметь в виду следующие соображения общего характера.

Для хорошей, т. е. прозрачной, бесцветной и удаленной от возможных источников загрязнения (выгребов и т. д.), воды можно считать достаточной дозу в $1\frac{1}{2}$ —1 мг действующего хлора на 1 л воды.

Для воды худшего качества (с желтоватой окраской, с большим количеством органических веществ), но не сильно мутной, эту дозу следует увеличить, доводя до $1\frac{1}{2}$ —2 мг.

В тех случаях, когда имеется вода совершенно неудовлетворительного качества, количество хлора приходится повышать до 3, а иногда даже и до 4 мг.

Для иллюстрации можно привести следующие случаи водопровода с высокой прозрачностью и с малым содержанием органических веществ (окисляемость около 2—3 мг кислорода на 1 л), к которой прибавлялось значительное коли-

чество бактерий, обыкновенно было достаточно 1, а иногда даже и $\frac{1}{2}$ мг хлора.

В Ленинграде для фильтрованной невиской воды нормальная дозировка — 1 мг хлора на 1 л воды.

Для воды из Волги в летнее и осеннее время возле Нижнего-Новгорода, по данным ярмарочного водопровода, практическая доза для воды нефильтрованной — 2 мг и фильтрованной через фильтры Джуэля — 1,3 мг. Вода эта обладала ясножелтой окраской и довольно значительным содержанием органических веществ (окисляемость около 4 мг кислорода).

Для воды из Москвы-реки, взятой во время половодья в черте города Москвы у самого берега и оказавшейся загрязненной в весьма сильной степени (окисляемость 30 мг кислорода), потребовалось 4 мг хлора.

Согласно Кларку и Геджу в Соединенных штатах Северной Америки для нефильтрованной воды из р. Мэрримэк доза 1 мг Cl на 1 л дает вполне удовлетворительные результаты, приблизительно такие же, какие получаются при медленной фильтрации этой воды через английские фильтры. При этом в воде после хлорирования *b. coli* совершенно не встречается. В Питтсбурге для стерилизации воды из р. Алегани, предварительно прошедшей через песочные фильтры, оказалась достаточной ничтожная доза в 0,13 мг Cl на 1 л. Для той же воды, не подвергавшейся фильтрации, требовалась доза в 1 мг Cl : 1 л. Для Нью-йоркского водопровода Смитон считает достаточным 0,5 мг : 1 л. В среднем для североамериканских городов применяется доза активного хлора от 0,1 до 0,5 мг на 1 л.

Если принять содержание действующего хлора в хлорной извести равным 25%, для перечисленных выше доз потребуются следующие количества хлорной извести:

Само собой разумеется, что эти нормы являются весьма условными и что при всякой возможности, прежде чем уста-

Доза хлора на 1 л воды	Требуется хлорной извести		400 г хлорной извести достаточно на
	на 12,3 л воды	на 1 230 л воды	
$\frac{1}{2}$ мг	25 мг	2½ г.	196 8 м²
1 »	50 »	5 »	93,4 »
2 »	100 »	10 »	49,2 »
4 »	200 »	20 »	24,6 »

навливать потребную дозу хлора, следовало бы производить хотя бы элементарное химико-бактериологическое исследование воды и бактериологический контроль результатов хлорирования. В случае же невозможности мы рекомендуем производить хотя бы весьма несложный предварительный опыт, описание которого дается ниже.

На водопроводах для определения дозы Cl₂ воду, подлежащую хлорированию, наливают в одинаковом количестве (например 1 л) в несколько сосудов, и в нее вводят последовательно усиливающиеся дозы хлора, например 0,5—0,75—1,0—1,25 м на 1 л. Через определенный срок, соответствующий приблизительно предполагаемой длительности контакта этой воды с хлором на водопроводной станции (например через два часа) делают пробы на хлор и посеvy на питательные среды в чашках (мясонептон, агар или желатина). Таким образом находят ту дозу хлора, которая дает нужный бактериологический эффект и гарантирует в определенный срок исчезновение хлора. Желательно, чтобы в течение этого опыта температура воды соответствовала приблизительно предполагаемой температуре воды в бассейне, в котором ведется хлорирование.

Что касается самого процесса хлорирования, то следует иметь в виду, что наиболее энергичное разложение хлорной извести после прибавления ее к воде, а следовательно и наиболее сильное действие на бактерий, происходит в первое время преимущественно в течение первых 10-30 минут.

Поэтому в целях обезвреживания воды можно было бы ограничиться непродолжительным сроком хлорирования, примерно получасом. Но если бы мы так и поступали, то такая вода, хотя и обезвреженная, содержала бы в себе еще некоторое количество неизрасходованного хлора, что отражалось бы на ее вкусе. В силу этого на практике приходится пускать хлорированную воду в потребление через значительно больший срок—часа через 2—3, с тем расчетом, что за это время, при правильной дозировке, израсходуется оставшееся количество хлора, и вода, безупречная в гигиеническом отношении, будет безупречна и со стороны вкуса.

Установление потребной дозы хлора без бактериологического исследования

В случаях, когда не представляется возможность применять бактериологический контроль при установке дозы хлорной извести, как это обычно имеет место при хлорировании воды в малом масштабе, можно рекомендовать применение способа, который был разработан и многократно проверен

Показательной станцией по очистке воды Санитарно-гигиенического института Наркомздрава.

Наливают в три ведра одинаковое количество испытуемой воды, например по 10 л, и прибавляют, помешивая, в ведро 1 см³ 1% раствора хлорной извести, во 2-е ведро — 2 см³ и в 3-е ведро — 4 см³ и т. д. Через полчаса зачерпывают стаканом из каждого ведра немножко воды (например по 100 см³) и прибавляют в каждый стакан сперва по 5 капель 12% уксусной кислоты, потом по 5 капель 10% раствора иодистого калия и по 5 капель раствора крахмального клейстера. В случае присутствия свободного хлора вода окрасится в синий цвет с тем более резким оттенком, чем больше хлора; при отсутствии же последнего цвет воды не изменится.

В случае присутствия свободного хлора вода окрасится в синий цвет с тем более резким оттенком, чем больше хлора; при отсутствии же последнего цвет воды не изменится.

Допустим, что через указанные полчаса в стакане из первого ведра окрашивание не получилось вовсе, во втором получилось чуть заметное посинение, в третьем—окрашивание резкое. Следовательно в 1-м ведре доза хлора была недостаточна, так как контакт хлора с водой продолжался менее получаса, а во 2-м и 3-м количество введенного хлора, который не исчез через полчаса, было вполне достаточным, чтобы оказать на воду необходимое стерилизующее действие. Вопрос теперь сводится лишь к тому, чтобы выбрать такую дозу, которая бы обеспечила к моменту разбора воды полное исчезновение хлора. Для этого воду во 2-м и 3-м ведрах оставляют стоять еще 1½—2 часа и затем вновь производится проба на присутствие хлора. Если окажется, что во втором ведре к этому времени весь хлор исчезнет, а в третьем ведре еще останется, то следовательно надо остановиться на той дозе, которая была введена во второе ведро, так как мы именно здесь имеем гарантию в достаточной стерилизации воды (хлор продержался в воде полчаса) и в то же время исчезновение хлора из воды к моменту ее потребления (через 2 часа хлор исчез из воды). Если бы через полчаса ни в одном ведре не оказалось хлора, тогда необходимо было бы повторить опыт с большими количествами раствора хлорной извести.

Хлорирование избыточными дозами хлора с последующим дехлорированием

В тех случаях, когда обезвреживание воды должно быть проведено в кратчайший срок или же по тем или иным причинам (например наличие желудочно-кишечных заболе-

ваний, заведомое загрязнение воды испражнениями, большое количество взвешенных в воде веществ при невозможности ее осветления), является необходимость применения заведомо больших доз хлора в целях большей гарантии, — во всех этих случаях приходится для устранения оставшегося в воде хлора прибавлять к ней раствор дехлората.

В качестве дехлората применяется 1—2 % раствор серноватистокислового натрия (иначе гипосульфита) или сернистокислового натрия.

На водопроводах к этому приему приходится также прибегать в тех случаях, когда не имеется достаточно емкого сборного резервуара, в котором вода может в течение потребного срока в 2—3 часа выдерживаться до исчезновения хлора.

С этой целью в воду вводится повышенная доза хлора, и затем через определенный срок, например через полчаса, определяется количество оставшегося хлора и соответственно с этим дается определенное количество раствора дехлората.

При дехлорировании на водопроводных установках следует поэтому применять регулярный химический контроль хлорируемой воды (определение хлора) и в связи с этим в случае надобности изменять дозу дехлората.

При мелких установках для выяснения нужной дозы хлорной извести можно поставить предварительные опыты, как было описано выше (установить потребную дозу хлора без бактериологического анализа), с той лишь разницей, что время хлорирования сокращают до получаса (вместо прежних 2—3 часов) и выбирают не ту воду, где реактив (иодистый калий с крахмалом) показывает следы хлора или отсутствие его, а ту, где через полчаса оказывается значительное количество хлора (вода дает с реактивом резко синее окрашивание).

На практике можно поступить так.

Допустим, что требуется хлорировать 1 000 л воды и пусть по тем или иным соображениям остановились на дозе 3 см³ 1% раствора хлорной извести на 10 л воды, следовательно на 1 000 л нужно прибавить

$$\frac{3 \times 1000}{10} = 300 \text{ см}^3 \text{ 1\%}$$

раствора хлорной извести. Прибавив нужное количество хлорной извести, размешивают воду и затем через полчаса отливают некоторое количество ее и прибавляют сюда реактив на хлор (иодистый калий и крахмал), причем вода посинеет.

В зависимости от того, насколько много в этой воде окажется хлора, что определяется степенью посинения, прибавляют в определенное количество отлитой воды (например в 1 л) несколько капель дехлората при помешивании, после чего вновь делают пробу из этой воды на свободный хлор. Если эта вода еще содержит хлор, то вновь прибавляют в нее несколько капель дехлората и повторяют это до тех пор, пока хлор не будет связан полностью, т. е. пока эта вода при прибавлении иодистого калия и крахмала не перестанет давать синей окраски.

Пусть на 1 л потребовалось 10 капель дехлората, следовательно, на 1 000 л потребуется дехлората $10 \times 1\,000 = 10\,000$ капель, или $666,6 \text{ см}^3$, считая 1 см^3 равным 15 каплям.

В случае если для дехлорирования применяется не сернистоокислый натрий, а гипосульфит (серноватистоокислый натрий), количество последнего следует уменьшить в 4 раза.

На водопроводах при наличии лаборатории количество потребного дехлората определяют так: в хлорированной воде титрованием определяют количество оставшегося активного хлора, а затем согласно расчету прибавляют определенное количество раствора дехлората, после чего проверяют исчезновение хлора обычным путем. На весовую единицу хлора идет 0,87 весовых единицы гипосульфита $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 3,5 весовых единиц сернистоокислого натрия ($\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Небольшой избыток дехлората (гипосульфита или сернистоокислого натрия) опасности не представляет, так как он очень скоро окисляется содержащимся в воде кислородом с образованием Na_2SO_4 — серноокислого натрия.

В Америке введение избыточных доз хлора, так называемое «суперхлорирование», применяется иногда для разрушения водорослей, при цветении воды и в других сравнительно редких случаях, например для хлорирования питьевой воды, в которую попадают фенол, креозол и другие подобные продукты перегонки каменного угля с фабрик и заводов со сточными водами. Фенол в воде в количестве $2 : 100\,000\,000$ с хлором при дозах 0,625 мг на 1 л придает воде неприятный привкус иодоформа. Привкус чистого фенола в питьевой воде ощущается при нахождении его в количествах от 0,001 до 0,02 частей на 1 млн. частей воды.

Фенолы с хлором дают соединения типа хлорфенолов, которые обладают весьма неприятным запахом. При хлорировании таких вод, для избежания запаха в хлорированной воде, прибавляют большие дозы хлора с таким расчетом,

чтобы после двухчасового контакта в воде оставался бы еще свободный хлор в количестве 0,3 мг на 1 л (применяется в Дели, в Техасе) или 0,6 мг (Торенто, Бей-Сити). Фенолы таким путем разрушаются, и вода освобождается от неприятного привкуса и запаха. Для связывания оставшегося свободного хлора применяется дехлорирование.

Отзывы специалистов о хлорировании питьевой воды

Проф. Гертнер пишет: «Результаты, достигаемые на практике при дезинфекции хлорной известью, по справедливости можно признать хорошими, так как этим путем был прекращен целый ряд эпидемий, например в Поле в Истрии, в Медстоне и Линкольне в Англии, в Монреале в Канаде, в Минеаполисе и др.

Отчасти хлорированию обязано прекращение тифозной эпидемии в Руре в 1911 г.

Опасения перед хлорированием, основанные на предвзятой идее, что в воду не следует вводить никаких чуждых ей веществ, не имеют значения.

Прибавляя например хлорную известь в воду, не вводят ничего ей чуждого.

Как мы видели, хлорная известь распадается в воде на CaCO_3 и CaCl_2 .

Проф. Гримм пишет: «Выгоды хлорирования, кроме дезинфицирующего действия, могут быть сведены к следующему:

1. Дешевизна применения.
2. Отсутствие каких-либо ядовитых продуктов реакции в воде.
3. Быстрота действия, так что устройство особых бассейнов не является необходимым.
4. Применение его налаживается в водопроводах без больших приспособлений или сооружений.
5. Значительная экономия на коагулянтах, применяющихся при осветлении.
6. Существенное увеличение нагрузки фильтров, так как бактериологическая роль делается менее важной при употреблении этого дезинфицирующего средства.
7. Загрязнение фильтра происходит медленнее, так как гипохлорит отнимает у органических веществ их коллоидальный характер, благодаря чему фильтр предохраняется от зарастывания и период работы становится продолжительнее.

8. Нежелательное развитие водорослей и плесеней задерживается хлорной известью. Невыгоды сводятся к следующему: 1. Споры не убиваются. 2. При дозировке происходят затруднения, когда в обрабатываемой воде присутствуют восстанавливающие, т. е. легко окисляющиеся вещества вроде соединений закиси железа или нитритов. 3. Муть, окраска, тинистый вкус и запах, так же как и органические вещества, в воде не устраняются. 4. Бактерии, заключающиеся в твердых взвешенных частицах, ускользают от действия хлора.

Г. Ю. Бронуицкий и С. К. Дзержговский перед войной 1914—1918 гг. на основании длительного наблюдения за обеззараживанием хлорной известью воды из Дона на ростовском водопроводе пришли к выводу, что при сопоставлении результатов очистки воды путем хлорирования с результатами производимой на той же станции очистки воды по методу двойной фильтрации, хлорирование имеет несомненно преимущества, давая меньшее количество колоний, вырастающих на мясо-пептонной желатине, и значительно меньший титр кишечной палочки. Что касается вопроса, насколько является безвредной подвергавшаяся хлорированию вода, то для проверки авторами был установлен небольшой аквариум с породами рыб, наиболее чувствительных к качеству воды. По словам авторов аквариум пользовался исключительно водой водопровода, и его обитатели в течение почти полугода не только оставались живыми, но и не обнаруживали явлений, по которым можно было бы судить о вреде для них очищенной хлором воды. Подтверждением этих опытов являются данные, полученные от фирмы зоологических магазинов в Ростове М. Коркаус, которая удостоверяет, что, имея всегда в своих аквариумах до 1 000 экземпляров самых разнообразных пород рыб, она не замечала за это время какого-либо вредного действия на них воды водопровода, очищенной хлором.

По сообщению Джорджа Феллера смертность от брюшного тифа в 57 наиболее крупных городах САСШ, население которых в 1920 г. достигло 26 млн. жителей, упала с 19,2 в 1910 г. на 100 000 жителей до 3,2 в 1922 г. Такой результат в значительной степени обязан хлорированию питьевой воды. В отчете ассоциации американских водопроводных инженеров, изданном в 1926 году, приведена таблица смертности от брюшного тифа в разных американских городах в зависимости от применения тех или других способов улучшения водоснабжения. Таблица эта приведена здесь в сокращенном виде. Она дополнена данными за 1928 г., опубликованными в одном американском медицинском жур-

нале. Уменьшение смертности от брюшного тифа несомненно явилось результатом не только улучшения водоснабжения, но и применений других санитарных мероприятий (помещения больных в госпитали, наблюдение за бациллоносителями, пастеризация молока и др.), но все же хлорирование питьевой воды считается самым сильным фактором этого уменьшения.

Таблица годовой смертности от брюшного тифа для некоторых американских городов. Смертность на 100 000

Г о д ы	Филадельфия	Чикаго	Мильвоке	Детройт	Балтимора	Питтсбург	Луисвиль	Канзас-сити
1881	74	105	47	—	58	151	—	—
1891	64	174	33	34	35	101	—	42
1901	34	29	22	21	27	125	46	44
1911	14 ¹	11	20	15	27 ²	26	24	30 ²
1913	16 ^{2, 3}	10 ³	12 ²	25 ²	22	20 ²	24	22
1914	8	7	8	11	21	15	27 ²	16
1915	7	5	5	10	19	11	14	10
1916	8	5	16	11	16 ⁴	9	14	12
1917	6	2 ²	6	13	13	12	16	12
1918	5	2	6	8	10	10	15	15
1919	5	1	4	5	9	4	6	11
1920	3,4	1,1	2,2	5,1	4,7	2,7	5,5	7,4
1921	2,2	1,1	1,9	5,8	5,5	3,2	4,7	11,5
1922	2,8	1,1	2,5	5,3	3,9	3,3	7,2	4,6
1923	1,5	1,9	0,8	4,0	4,1	2,1	4,1	4,8
1924	2,2	1,6	1,0	3,0	2,8	3,9	1,9	3,6
1928	0,8	0,5	0,7	1,0	3,8	3,7	2,7	1,7

1 Стерилизация 66% потребляемой воды. 2 Стерелизация всей потребляемой воды. 3 Коагулирование, применяемое в течение высокой мутности. 4 Фильтрация всей потребляемой воды. 5 Пробная стерилизация питьевой воды.

ТЕХНИКА ХЛОРИРОВАНИЯ НА ВОДОПРОВОДНЫХ
УСТАНОВКАХ

Хлорная известь, ее свойства и хранение

Хлорная известь представляет белый, комковатый порошок, гигроскопичный, трудно смачиваемый водой. При пере-сыпании дает много раздражающей дыхательные пути пыли, вредной для здоровья. Хлорная известь в воде растворяется слабо, нерастворимый осадок состоит из углекислой извести.

При хранении в сухом состоянии хлорная известь самопроизвольно разлагается с выделением хлора и кислорода. Тепло благоприятствует разложению. При 35° хлорная известь превращается, выделяя кислород, а также и хлор, в смесь хлористого кальция и хлорнокислого кальция, теряет белящие и дезинфицирующие свойства. Солнечный свет также способствует разложению. Хлорную известь следует хранить в сухом, прохладном, защищенном от солнца и хорошо вентилируемом помещении.

При хранении в бочках хлорная известь теряет активный хлор в большей или меньше степени в зависимости от герметичности укупорки. По наблюдению Грасса ежемесячная потеря может достигнуть 3%; Клют нашел потерю через 5 месяцев в среднем до 4,1%; по Потинсону за 7½ месяцев потеря была от 3,3 до 6,1%. Летом потеря больше, чем зимой.

Всехимпром выпускает на рынок хлорную известь в 160 кг и в 200 кг, упакованную в деревянных бочках. Цена за тонну хлорной извести в 1930 г. была 167 руб. Тара оплачивается отдельно по 30 руб. за бочку.

Определение активного хлора в хлорной
известии

Берут несколько проб металлической ложкой из глубоких частей бочки, быстро ссыпают их в стеклянную банку с притертой пробкой и закупоривают, так как хлорная известь весьма гигроскопична; затем взятые пробы тщательно перемешивают как размешиванием ложкой, так и путем встряхивания банки, и затем из полученной таким образом средней пробы отвешивают 3,55 г, растирают в фарфоровой ступке с водой в тесто и, продолжая растирать, приливают воды до образования известкового молока; сливают в литровую колбу и разводят до метки. Берут 10 см³ этого раствора, прибавляют к нему 50 см³ дистиллированной воды,

5 см³ 10% раствора КJ, 5 см³ 50% уксусной кислоты, титруют $\frac{1}{100}$ нормальным раствором серноватистонатриевой соли до слабожелтого окрашивания, после чего прибавляют 1 см³ ½% раствора крахмала и дотитровывают до исчезновения синей окраски. При указанной навеске извести количество куб. сантиметров $\frac{1}{100}$ норм. Na₂S₂O₃, истраченное на титрование, выражает содержание действующего хлора в процентах.

Расчет: взято для титрования 0,0355 г хлорной извести; пошло на титрование 33,8 см³ $\frac{1}{100}$ норм. Na₂S₂O₃, следовательно исследованная соль содержит 33,8% действующего хлора.

Приготовление растворов хлорной извести

Ввиду того, что хлорная известь трудно смачивается водой, на водопроводах известь сначала размешивают с небольшим количеством воды до состояния кашицы, для чего в небольшой заторный бак, расположенный обычно над баком для отстаивания раствора, кладут некоторое количество хлорной извести, прибавляют немного воды и деревянной мешалкой тщательно растирают известь до состояния кашицы. Затем из водопроводной трубы в заторный бак, перемешивая его содержимое, пускают воду. Раствор, получающийся в заторном баке, через имеющиеся в последнем в верхней части отверстия, по мере притекания воды, переливается в отстойник. Когда через заторный бак будет пропущено такое количество воды, какое нужно для получения раствора определенной концентрации из положенной в заторный бак извести, приток воды прекращают. Остаток раствора из заторного бака спускают по трубе, имеющейся в дне бака; затем снова закладывают новую порцию и растворяют ее. Приготовив таким путем раствор хлорной извести, дают ему отстояться, затем по мере надобности расходуют.

Иногда вода, притекающая в заторный бак для растворения извести, подводится по трубе, уложенной кольцом по дну бака и снабженной отверстиями. Вода под напором выходит из отверстий тонкими и сильными струйками, чем и достигается хорошее перемешивание без всяких приспособлений.

На Московском водопроводе в Рублеве с успехом применялся следующий способ приготовления раствора: хлорная известь после предварительного раздавливания попадающих комьев засыпалась в чан, в котором находилось необходимое количество воды для приготовления раствора, после чего все содержимое перемешивалось вдуваемым воздухом, поступающим в чан по трубам от воздуходувки. Та-

ким путем ускорялся процесс приготовления раствора, минуя затирание извести, и уменьшалось время соприкосновения рабочих с хлорной известью.

Раствор хлорной извести на водопроводах обычно готовится 1—2%.

Раствор дехлората готовится 1—2%.

Раствор хлорной извести при стоянии меняется незначительно, что видно из следующей таблицы (раствор хранился в прохладном месте и в темноте).

Содержание в мг активного хлора в 10 см³ 1% раствора хлорной извести

	Свежий раство ^р	Через 4 не- д ^{ли}	Через 2 ме- сяца
	28,1—39,8	27,9—39,1	27,9—39,0
Среднее из 8 растворов	35,0	34,4	34,2
В процентах к числу растворов	100	98,3	97,7

Растворы хлорной извести имеют щелочную реакцию, пахнут хлором, обладают терпким вкусом.

Количество активного хлора в растворе хлорной извести определяется титрованием следующим образом: в колбу к 10 см³ раствора прибавляется 50 см³ дистиллированной воды, затем 5 см³ 10% раствора иодистого калия и 5 см³ 50% уксусной кислоты. Затем из бюретки прибавляется $\frac{1}{100}$ норм. раствор серноватистонатриевой соли до тех пор, пока интенсивно бурая окраска вода не перейдет в бледножелтую; тогда прибавляется 1 см³ $\frac{1}{2}$ % раствора крахмального клейстера и вновь прибавляется осторожно, по каплям, раствор серноватистонатриевой соли до исчезновения синей окраски. 1 см³ израсходованного $\frac{1}{100}$ норм. раствора серноватистонатриевой соли отвечает 0,355 мг активного хлора.

Пример: израсходовано $\frac{1}{100}$ Na₂S₂O₃ 20 см³, следовательно $20 \times 0,355 = 7,1$ мг активного хлора в 10 см³, т. е. в 1 л 0,71 г активного хлора.

Количество хлорной извести, необходимое в течение часа для хлорирования воды, если секундный расход известен, доза хлора тоже известна и содержание активного хлора в хлорной извести установлено, можно определить по следующей формуле:

$$A = \frac{36 \cdot Q \cdot a}{100 \cdot b} \text{ кг, где}$$

A—количество хлорной извести в час;

Q—секундный расход воды в литрах;

a—доза хлора в миллиграммах;

b—проценты активного хлора в хлорной извести.

Пример. Секундный расход воды на водопроводе $A=100$ л, доза хлора $a=1$ мг на 1 л, хлорная известь содержит активного хлора, $b=20\%$.

$$A = \frac{36 \cdot 100 \cdot 1}{100 \cdot 20} = 1,8 \text{ кг.}$$

Объем бака, который потребуется иметь для хранения раствора хлорной извести на определенный срок, получим из формулы:

$$Q = \frac{100 \cdot A}{a}, \text{ где}$$

Q —объем бака; A —количество хлорной извести в килограммах на установленный период; a —процент раствора хлорной извести.

Пример. В течение 8 часов для хлорирования воды требуется 100 кг хлорной извести. Раствор хлорной извести должен быть приготовлен 2%.

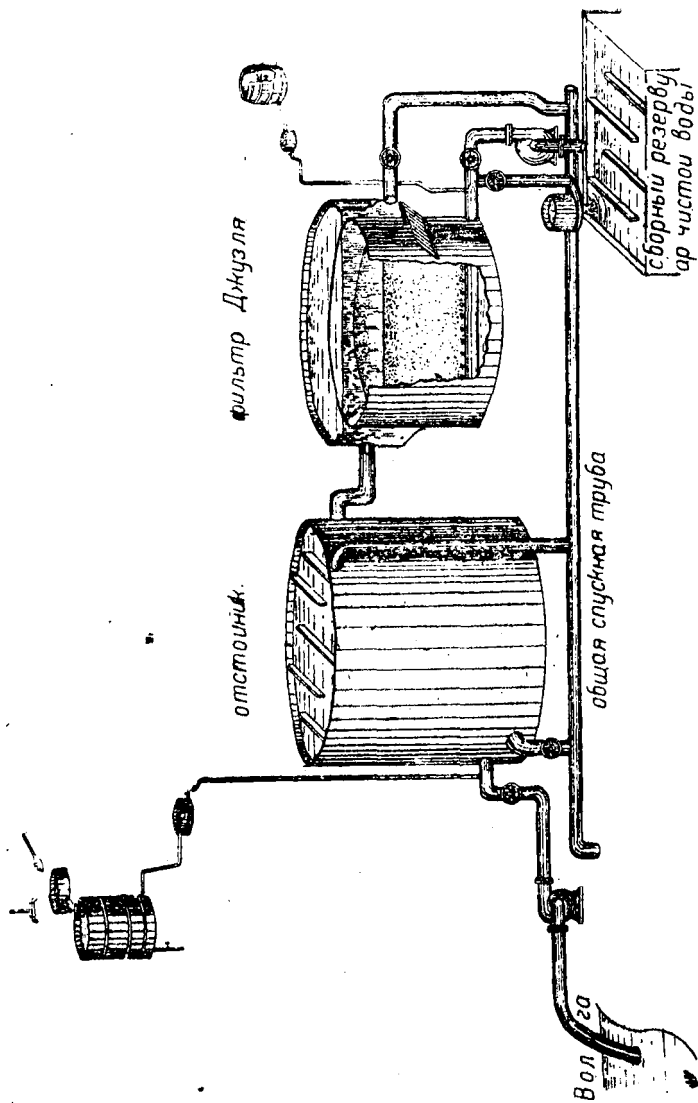
$$Q = \frac{100 \cdot 100}{2} = 5000 \text{ л.}$$

На практике объем чана рассчитывается на 6, на 8 или на 12 часов непрерывной работы, следовательно количество чанов может быть равным 4, 3 или 2. Менее двух часов не делают, исходя из тех соображений, что когда один чан работает, во втором следует заготавливать раствор. Чаны делаются деревянными, бетонными, железобетонными.

Место ввода хлора на водопроводе

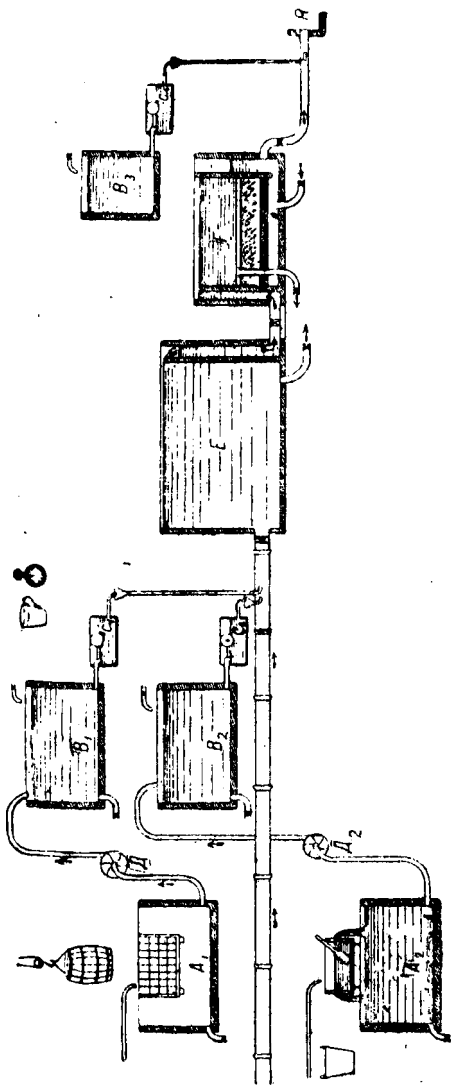
Наилучшие результаты при хлорировании воды получаются в том случае, когда вода, подвергающаяся дезинфекции, прозрачна. В силу этого на водопроводе желательно вводить хлор после фильтров. Подобным путем хлорируется вода на Нижегородском ярмарочном водопроводе, в Ленинграде — на Заречной стороне, где ранее применялось озонирование, в Рыбинске.

На Нижегородском ярмарочном водопроводе (черт. 1) вода из Волги качается насосом в отстойник. По пути к ней прибавляется раствор коагулянта, который заготавливается первоначально произвольной концентрации (на схеме — в верхнем небольшом бачке), затем в рабочей баке (на схеме — во втором нижележащем баке) доводят концентрацию его до 3% по ареометру. Из рабочей баки раствор, пройдя дозирующий бачок, поступает в напорную трубу. Отстаивается вода в отстойнике 1½ часа. После отстаивания воды



Чер. 1. Схема очистительных сооружений ярмарочного водопровода в Нижнем-Новгород

проходит через фильтр. Раствор хлора поступает в трубу, отводящую воду с фильтра в сборный резервуар, объем которого равен двухчасовому расходу воды. Вода за время пребывания в сборном резервуаре освобождается от большинства бактерий и хлора. Для лучшего перемешивания во-



Черт. 2. Схема коагулирования и хлорирования воды в Ленинграде.

A_1 —отстойный бак для приготовления раствора хлорной извести

A_2 —отстойный бак для приготовления раствора коагулянта.

B_1 —рабочий бак для готового раствора коагулянта.

B_2 — » » » » хлорной извести.

B_3 — » » » » дехлората.

C_1, C_2, C_3 —регулирующие баки для постоянного уровня.

D_1, D_2 —центробежные насосы.

E —отстойник; время отстаивания около 3 часов.

F —скорый фильтр; скорость фильтрации около 100" в час; промывка обратным током со скоростью 300" в течение 10 минут.

K —сборный резервуар чистой воды.

ды с хлором, как видно из чертежа, в сборном резервуаре сделаны вертикальные перегородки.

На практике часто в силу технических затруднений (отсутствие сборных резервуаров для профильтрованной воды достаточной емкости) невозможно бывает выполнить вышеприведенное требование (хлорирование прозрачной воды),

и хлор вводят в нефилтрованную воду перед отстойниками. Подобный способ применялся у нас в Ленинграде на главной станции, в Саратове, Нахичевани, Курске, Костроме, Ростове-на-Дону, в Соединенных штатах Северной Америки, в Колумбии, Балтиморе.

На черт. 2 изображена схема очистки воды на главной станции ленинградских городских водопроводов. В баке A_1 готовится раствор коагулянта, а в баке A_2 — раствор хлорной извести. Растворы из баков A_1 и A_2 перекачиваются в баки B_1 и B_2 , откуда раствор через дозирующие бачки C_1 и C_2 вводится в напорную трубу, которая подает воду из Невы в отстойники F . После 3 часов отстаивания вода поступает на скорые фильтры F .

В Америке подобный способ введения хлора в стадии первоначальной очистки, так называемое «прехлорирование», употребляется главным образом при борьбе с цветностью воды. Этим путем удается сократить расход коагулянта, что можно объяснить тем, что хлор, действуя на органические вещества воды, уменьшает защитное действие органических коллоидов, в результате чего облегчается в дальнейшем процесс коагуляции.

Прехлорирование впервые применил Rob. Weston в Эксетере в 1914 г. с целью уменьшения количества коагулянта, необходимого для удаления цветности воды. При применении прехлорирования наблюдалась не только экономия в коагулянте, но увеличивался период работы фильтров между промывками, уменьшалось количество промывных вод, понижалось развитие водорослей.

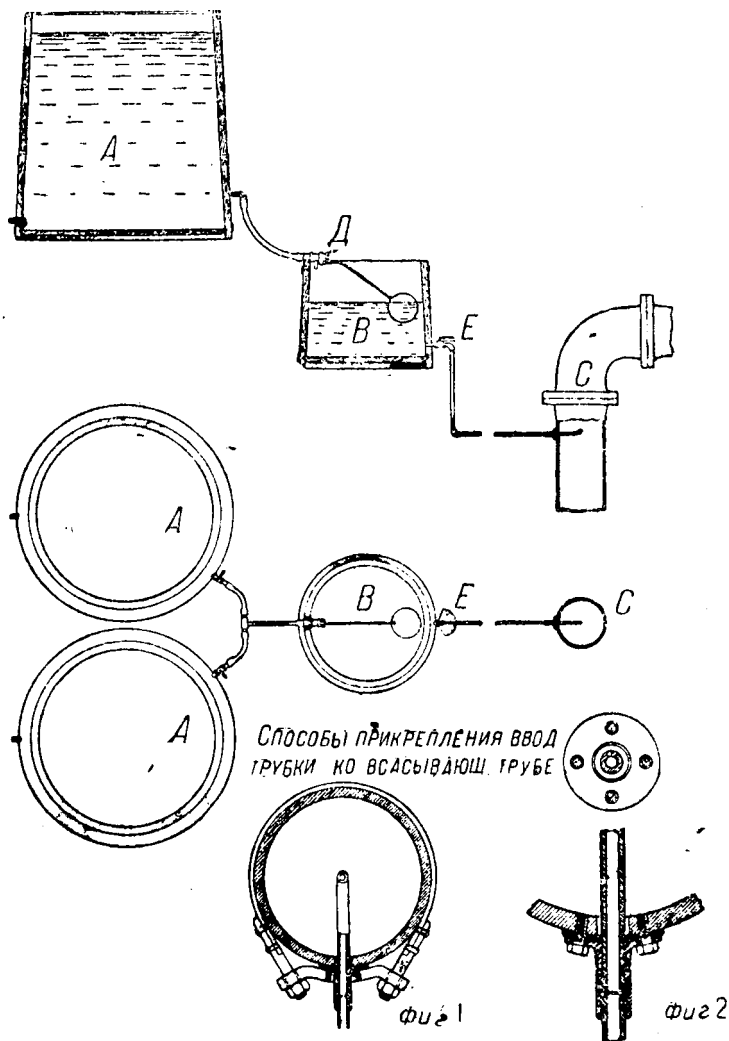
Но имеются опыты (Элмс, Дональдсон), которые не подтверждают вполне выгод прехлорирования. Поэтому во избежание получения неприятных результатов применения прехлорирования желательно ставить предварительные опыты. Прехлорирование в Америке применяется в значительном количестве городов.

Хлор вводят на водопроводах одновременно не только в одном месте, но и в двух—до фильтров и после фильтров, так называемый способ двойного хлорирования. Он дает возможность применять значительные дозы хлора, вводя их не сразу в одном месте, а дробно в разных местах очистительных сооружений. Это дает возможность избежать привкуса воды и получить хорошие бактериологические результаты.

Применяется еще многократное хлорирование. В этом случае хлор вводят на водопроводе более чем в двух местах незначительными дозами. Примером может

служить Нью-Йоркский водопровод. Вода Кетскильских водоемов на своем пути до Нью-Йорка хлорируется в трех местах.

На железнодорожных станциях для хлорирования воды можно использовать водонапорные башни, если объем их



Черт. 3. Ввод раствора хлорной извести во всасывающую трубу насоса.

будет достаточен для двухчасового застоя воды с хлором. Хлор вводится в приводящую трубу. При применении дехлорирования — дехлорат в отводящую трубу. В баке следует ставить вертикальные перегородки. Удобно вводить хлор во всасывающую трубу перед насосами. Этим путем достигается хорошее смешивание воды с хлором. Способ этот использован на водопроводах в Туле, Воронеже и некоторых железнодорожных станциях.

На черт. 3 дана схема ввода раствора хлорной извести во всасывающую трубу (С). Регулирование расхода раствора из бачка В производится краном Е, к которому для упрощения работы приделан циферблат с делениями. Устанавливая рукоятку, открывающую кран, против того или другого деления циферблата, можно будет давать определенный расход хлорной извести сообразно с подачей воды насосами.

Шаровой клапан D в бачке В расположен значительно выше уровня жидкости с тем расчетом, чтобы под отросток шарового клапана можно было помещать сосуд для изменения расхода раствора. Бачков А поставлено два с целью заготовления раствора хлорной извести на месте.

Каждый бак включается путем имеющегося на соединительной трубе крана. На фиг. 1 и 2 даны детали прикрепления приводящей трубы ко всасывающей. Все соединения должны быть герметичны для предупреждения засасывания воздуха.

Дозирующие бачки

Для того чтобы расход раствора, поступающего из резервуара с хлорной известью в водовод, был равномерный, раствор пропускают через дозирующие бачки, которые регулируют скорость истечения (черт. 4).

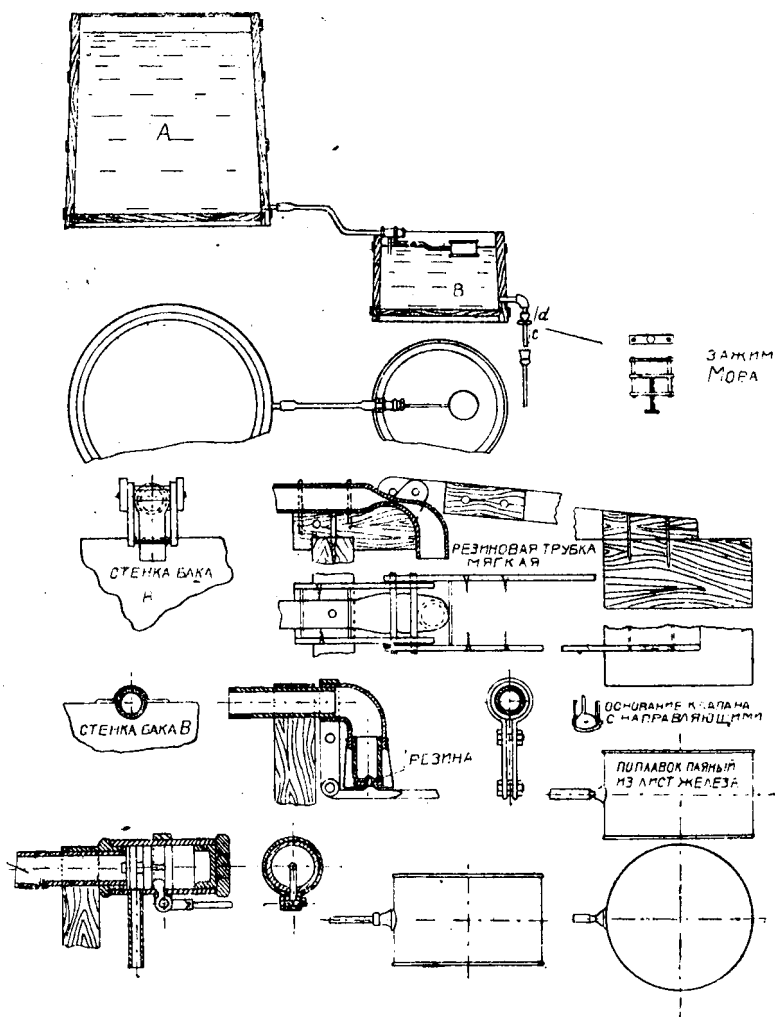
Из рабочего бака А раствор поступает в дозирующий бачок В, из которого расход устанавливается при помощи зажима, находящегося на резиновой трубке с, сообразно с расходом воды на водопроводе.

Высота напора жидкости в бачке В регулируется автоматически шаровым клапаном.

Зажим можно заменять диафрагмами с различными отверстиями, соответственно расходам раствора хлорной извести.

Черт. 4, фиг. 1 — автоматический клапан, состоящий из резиновой трубки, зажимающийся рычагом от поплавка.

Черт. 4, фиг. 2 — автоматический клапан, изготовлен-

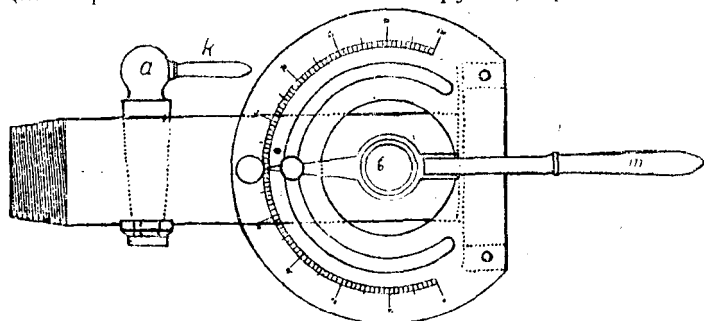


Черт. 4. Приспособление для равномерной подачи растворов хлорной извести или коагулянта.

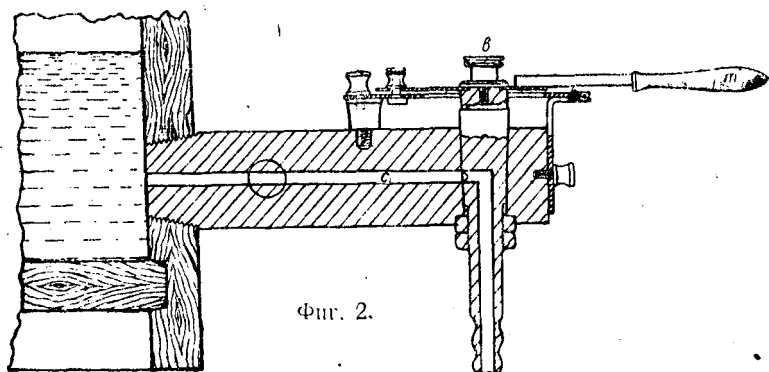
ный из газовых трубок. Рычаг от поплавка прижимает клапан, имеющий резиновую прокладку, к приводящей трубке. Направляющие клапаны охватывают приводящую трубу снаружи. Основание клапана с направляющими изображено отдельно (справа от бокового вида). Вокруг клапана постав-

лен конус из листового железа, предохраняющий разбрызгивание раствора.

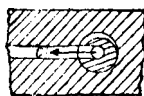
Черт. 4, фиг. 3 — автоматический клапан другой конструкции, также изготовленный из соединительных частей газовых трубок. Внутри трубок имеется золотник, прижимающийся рычагом от поплавка к трубке, приводящей рас-



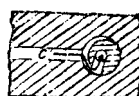
Фиг. 1.



Фиг. 2.



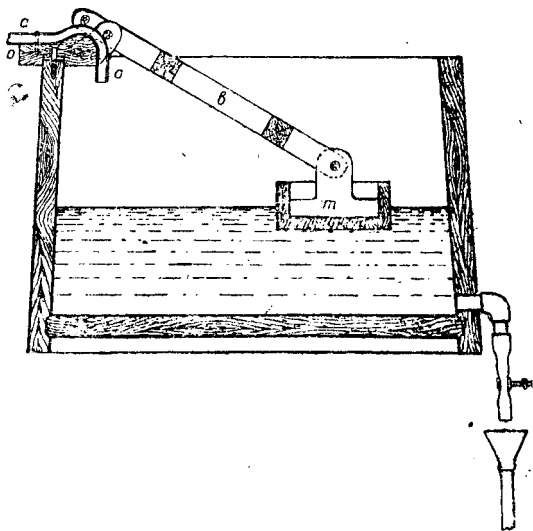
Фиг. 3



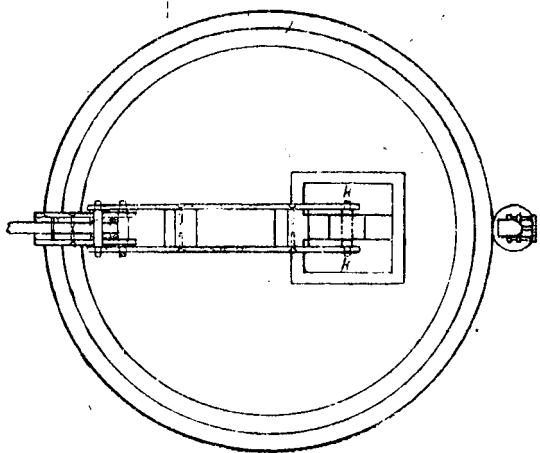
Фиг. 4.

Черт. 5. Эбонитовый кран для регулирования расхода раствора хлорной извести (по техническим условиям масштаб деталей не выдержан).
 твор хлорной извести. Для герметичности затвора на левом конце золотника имеется кожаная или резиновая прокладка.
 Все части клапанов на фиг. 2 и 3 внутри и снаружи, а также и поплавков должны быть тщательно покрыты асфальтовым лаком во избежание разъедания железа раствором хлорной извести.

Для регулирования расхода хлорной извести из дозирующего бачка вместо зажима и резиновой трубки применяют эбонитовый кран (черт. 5, фиг. 1 и 2) очень простой и остроумной конструкции. Кран ввертывается в стенку бака. Кран имеет два затвора *a* и *b*. Затвор *a* служит для прекращения или возобновления истечения жидкости из бачка путем поворачивания рукоятки *k*. Затвор *b* — для точной установки требуемого расхода.



Поворачивая рукоятку *m* в ту или другую сторону, можно установить необходимый расход. Для этой цели на стержне затвора *b* (фиг. 3) на две трети по окружности его, на уровне главного канала *C*, сделана выемка *p*, имеющая треугольное поперечное сечение, уменьшающееся от канала *C* по длине окружности. В силу этого, если мы будем поворачивать рукоятку *m* вправо (фиг. 4), то против канала *C* будет приходиться треугольное сечение выемки



Черт. 6. Дозирующий бачок без шарового клапана.

p, и чем более вправо будет передвигаться рукоятка *m*, тем треугольные сечения выемки будут меньше, соответственно этому, будет меняться и количество протекающей жидкости через канал затвора *b*.

Если рукоятку m поворачивать влево от центрального положения, то против канала C станет цельная стенка затвора b , и истечение прекратится. На циферблате крана нанесены деления, соответствующие различным расходам раствора.

При применении вместо эбонитового шарового клапана обыкновенного металлического случается, что движущиеся части шарового клапана (поршень и оси) от действия раствора хлорной извести теряют чувствительность, вследствие чего нарушается правильность регулирования напора в дозирующей бачке. Показательной станцией по очистке воды, состоящей при Санитарно-гигиеническом институте НКЗ, сконструирован и опробован дозирующий бачок очень простой конструкции, легко осуществимый без шарового клапана. Клапан заменен резиновой трубкой (черт. 6).

Резиновая трубка a , по которой притекает раствор из рабочего бака в дозирующий бачок, зажимается рычагом b в зависимости от стояния уровня раствора в бачке. Шар заменен деревянным поплавком m , вращающимся на оси k .

Резиновая трубка (a) к направляющей (o) прикреплена железными скобами. Все части прибора сделаны из дерева.

Подсчет количества раствора хлорной извести соответственно дозе и практическая установка его на водопроводе

Установив необходимую дозу хлора для дезинфекции воды, следует подсчитать, принимая во внимание концентрацию раствора хлорной извести и количество поступающей на водопровод воды в минуту, сколько раствора данной концентрации нужно прибавить, чтобы иметь в литре воды количество активного хлора в установленной дозе.

Положим, что машинами подается воды в минуту Q л, концентрация раствора хлорной извести a г на 1 л; доза хлора b мг на 1 л. Тогда необходимое количество раствора можно определить из следующего уравнения:

$$1000 ax = Q \cdot b; x = \frac{Q \cdot b}{1000 \cdot a} \text{ л.}$$

Подсчитав количество раствора, нужно практически установить его приток из дозирующей бачки. Для этого под трубку из дозирующей бачки подставляют градуированный сосуд, затем регулируют зажимом, находящимся на резиновой трубке, расход до того, пока в 1 минуту не будет проходить через трубку требуемое количество раствора

Дезинфекция водопроводной сети и фильтров

В том случае, если будет признано нужным произвести дезинфекцию сети труб, то эту работу можно выполнить по частям, не лишая всего населения воды на время дезинфекции сети. Участок, предназначенный для дезинфекции, выключается из общей сети. Трубы опорожняют и заполняют дезинфицирующим раствором до тех пор, пока не будет обнаружен свободный хлор в воде, выходящей из кранов на конечных пунктах сети. После этого заполнение прекращают. Сеть держат под действием хлора 2 часа. По истечении этого времени начинают промывать сеть, подвергавшуюся дезинфекции, уже хлорированной водой до исчезновения в конечных пунктах в воде реакции на хлор. Доза хлора для стерилизации сети 5—10 мг на 1 л воды.

Дезинфекцию сети следует вести в ночное время, предупредив заранее население данного района о том, что с такого-то до такого-то часа воду из водопровода брать не следует. Утром, прежде чем брать воду из домовых водопроводов, следует спустить часть воды для промывки.

Дезинфекция сети была произведена в Кронштадте в 1909 г. во время холерной эпидемии. Применялся раствор хлорной извести (по расчету 17 мг активного хлора на 1 л воды) с добавлением серной кислоты и последующей нейтрализацией оставшегося хлора щелочами.

В Туле в 1916 г. во время эпидемии брюшного тифа была произведена дезинфекция сети при дозе хлора 10 мг на 1 л, из коих поглощено было 4 мг. Та же операция была повторена в 1920 г., когда вновь вспыхнула эпидемия тифа.

В 1897 г. доктор Вудхед, профессор Кембриджского университета, во время эпидемии тифа в городе Мейдстоупе (Англия) предложил стерилизовать все трубы и резервуары водоснабжения раствором хлорной извести. Для стерилизации водопроводных труб водоснабжение города было остановлено на одну ночь. Трубы опоражничались. В резервуаре емкостью 861 м³ было растворено 10 т хлорной извести (приготавливался 1 % раствор, содержащий 1/3 % свободного хлора) и этим раствором были наполнены трубы. После того как раствор в трубах простоял несколько часов под давлением, он к утру был удален, и трубы промыты водой. В то же время промывались раствором хлорной извести стенки резервуаров.

Вновь уложенные трубопроводы, прежде чем пустить в эксплуатацию, следует обеззаразить, так как трубы могут

быть загрязнены во время перевозки, укладки и т. д. Это может быть достигнуто или промывкой трубопровода или хлорированием. Промывка при значительных диаметрах труб неэкономична.

Техника хлорирования вновь уложенного трубопровода состоит в следующем. Напускают воду в трубопровод из близлежащего гидранта существующей сети, а на другом конце трубопровода открывают выпуск для поступающей воды. Раствор хлорной извести вводят в месте напуска воды из бака равномерно. Количество прибавляемого раствора должно соответствовать расходу притекающей в трубопровод воды. Доза активного хлора на литр 5—10 мг. Нужно стремиться к тому, чтобы происходило равномерное смешивание раствора с водой. Прибавка хлора и напуск воды продолжается до тех пор, пока с противоположного конца трубопровода не будет вытекать вода с явным признаком хлора, что узнается или по запаху или химической реакцией. После этого прекращают напуск воды и добавку хлора, проверив предварительно отсутствие воздуха в кранах повышенных частей линии. Трубопровод держат под действием хлора 2—3 часа. По истечении этого времени производится удаление хлорированной воды промывкой трубопровода, для чего открывают выпуск для воды и напускают водопроводную воду из близлежащего гидранта до тех пор, пока вытекающая вода не будет содержать хлора. Для учета результатов дезинфекции следует после окончания промывки взять пробы притекающей и вытекающей из трубопровода воды для бактериологического анализа. В случае получения неблагоприятных результатов желательнее повторить хлорирование трубопровода.

В Америке для дезинфекции трубопровода в 56" применяют следующий способ. После укладки трубы внутри предварительно осматриваются, удаляются замеченные предметы. После этого через каждые 30 м (100 футов) внутри труб насыпается хлорная известь в количестве 400 г из запаянной жестянки, содержащей означенное количество. По окончании рассыпки трубы плавно наполняются водой до тех пор, пока на противоположном конце трубопровода вода не будет вытекать с присутствием хлора. Трубы под действием хлора держат 30 минут. Затем вода удаляется, и трубы промываются водой до тех пор, пока не будет заметно в воде присутствия хлора.

Дезинфекция американских фильтров осуществима легко. Для этой цели фильтр хорошо предварительно промывают водой, затем наполняют его раствором хлорной изве-

сти с содержанием 5--10 мг активного хлора в одном литре.

Продержав под действием хлора 2 часа, фильтр промывают водой до исчезновения свободного хлора в отходящей воде.

К стерилизации английских фильтров следует прибегать только в том случае, если будет основательное опасение или будет установлено бактериологическим путем, что фильтры заражены. Осторожность эта вызывается тем, что хлор при введении в английские фильтры для дезинфекции приостановит протекающие в них биологические процессы и тем самым на некоторое время нарушит правильность их работы.

Действие растворов хлорной извести на трубы и части машин при хлорировании воды

Концентрированные растворы хлорной извести действуют разрушительным образом на металлы вследствие окисляющей способности хлора, в силу чего обычно резервуары для хранения растворов хлорной извести делают бетонными.

В водоводах же при употреблении на практике ничтожных доз можно не бояться разрушений от применения хлорирования воды.

На Рурских водопроводах (в Германии) во время применения хлорирования в 1911 г. велись самые точные наблюдения за водопроводами, машинами, насосами. После окончания хлорирования не было обнаружено никаких повреждений.

По данным анкеты, разосланной санитарным управлением НКЗ губернским отделам здравоохранения в 1924 г. в города РСФСР, которые применяют хлорирование воды, видно, что ни в одном городе не были замечены разрушения труб, насосов.

Между тем существуют города, имеющие в этом деле более чем десятилетний опыт, как например Ленинград, Ростов-на-Дону. Города эти к тому же ведут хлорирование воды в течение целого года без перерывов.

Для предупреждения разрушения деревянных и железных частей, соприкасающихся с концентрированным раствором хлорной извести (напр., в дозирующих приборах), следует места соприкосновения покрывать асфальтовым лаком или внутренности деревянных бачков штукатурить по металлической сетке цементом.

Стойко сопротивляются действию раствора хлорной извести стекло, эбонит, резина, свинец, хорошо асфальтированное железо, бетон.

Стоимость 1 230 л (100 ведер) хлорированной воды хлорной известью в РСФСР по данным анкеты НКЗ в 1924 г. на местах выражалась от 0,05 до 0,5 копеек.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ХЛОРИРОВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В СЕЛЬСКИХ МЕСТНОСТЯХ И НА МЕЛКИХ УСТАНОВКАХ

Вопрос об очистке и обезвреживании питьевой воды в условиях деревенской жизни оказывается в высшей степени сложным при попытках практического его разрешения. Дело в том, что при этом мы прежде всего сталкиваемся с вопросом, возможно ли осуществить очистку воды непосредственно в колодцах, так как в громадном большинстве случаев деревня пользуется для питья колодезной водой. Решение же практически вопроса об очистке воды в самом колодце наталкивается на громадные трудности.

Надо иметь в виду, что загрязнение колодца может быть различного происхождения. Вода в колодце может быть загрязнена извне путем стекания с поверхности почвы грязной, а иногда и зараженной нечистотами воды, что особенно имеет место при нерациональном устройстве срубов, при отсутствии общей бадьи, когда могут черпать воду собственными загрязненными ведрами, и т. д.

Но загрязнение воды в колодце может также происходить вследствие заражения водоносных слоев, питающих данный колодец, что чаще всего имеет место при мелких колодцах.

В первом случае, т. е. при загрязнении извне, может идти речь только о временной, разовой дезинфекции колодца. При этом прежде всего должен быть устранен источник загрязнения, а уже затем следует производить дезинфекцию колодца, предварительно выкачав из него воду и очистив его дно и стенки от грязи, так как иначе при перемешивании с дезинфицирующим веществом вода сильно замутится, что является нежелательным.

Для дезинфекции употребляются различные вещества. Лемуан рекомендует пользоваться для этого едкой известью. Берется на 10 кг извести 40 л воды, все это взбалтывается, затем выливается в колодец средних размеров, тщательно

перемешивается длинным бестом и оставляется на 3 дня, после чего из колодца откачивают воду до тех пор, пока не пойдет прозрачная вода.

Гораздо целесообразнее заменить едкую известь хлорной известью, как гораздо более действительным антисептиком. Для этого в зависимости от состояния колодца и от состава воды в нем можно рекомендовать введение 1—2% раствора хлорной извести с таким расчетом, чтобы после смешения его с водой колодца получилась концентрация активного хлора от 5 до 10 мг на 1 л воды. Концентрация повышается в том случае, если в колодезной воде содержится много органических веществ или она является сильно железистой. После прибавления раствора хлорной извести следует на 10—12 часов (лучше всего на ночь) оставить колодец под воздействием хлора и лишь затем начать его откачку. Если вода будет содержать привкус хлора, то продолжать откачку до тех пор, пока пойдет вода, совершенно свободная от привкуса или запаха хлора. Тогда ее можно употреблять для питья. В случае необходимости, например при наличии нового загрязнения извне, такую операцию можно время от времени повторять.

При расчете количества требуемой хлорной извести следует исходить из объема воды в колодце, для чего необходимо определить сечение колодца и высоту стояния воды в нем, а затем произвести перечисление на литры; затем нужно знать содержание активного хлора в хлорной извести, что достигается путем анализа, в случае же невозможности произвести таковой можно принимать содержание активного хлора в хлорной извести равным 20—25%¹.

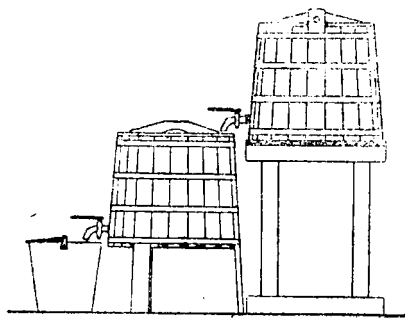
Во втором случае, когда колодец питается зараженной водой из водоносного слоя, его дезинфекцией мы можем достигнуть только временного эффекта, — пока из колодца не начато производство откачки. Когда же начнется разбор воды, вновь поступающая в колодец из водоносных слоев вода уже не будет в достаточной степени обезвреживаться без прибавления новых порций дезинфицирующего вещества. Таким образом поставить регулярно действующую систему очистки и дезинфекции воды в колодце без оборудования специальных очистительных баков, как это описано в главе о мелких установках, не представляется возможным.

¹ Санитарно-гигиеническим институтом Народного Комиссариата Здравоохранения РСФСР (Москва, Погодинская улица, д. № 10) изготавливаются лаборатории упрощенного типа для определения содержания активного хлора в хлорной извести.

Следует указать, что во время империалистической войны (в январе 1915 г.), когда положение с питьевой водой на русском фронте было признано критическим, была создана комиссия из лучших специалистов — санитарных врачей, санитарных инженеров, которые в результате обследования Западного фронта вынесли постановление относительно необходимых мер по улучшению водоснабжения. Признав в числе других способов необходимым ввести хлорирование, комиссия признала невозможным вести таковое непосредственно в колодцах, рекомендовав хлорирование воды исключительно в баках.

Хлорирование на мелких установках

1. Для хлорирования небольших количеств прозрачной воды следует пользоваться двумя бочками (черт. 7), располагая их одну выше другой. Верхнюю наполняют водой, прибавляют соответствующее количество раствора хлорной извести, хорошо перемешивают и оставляют в покое в течение установленного времени. По истечении этого времени воду переливают в нижний бак для раздачи.



Черт. 7. Установка для хлорирования небольших количеств воды.

осветленной воды; нижняя — для раздачи. Для спуска воды из бочек устраивают краны, располагая их выше дна сантиметров на 10. Как при коагулировании так и при хлорировании, после прибавления соответствующего раствора к воде следует ее хорошо размешать, после чего оставить в покое. На коагулировании воды сернокислым глиноземом или квасцами требуется в среднем 4 — 6 часов.

Средняя доза сернокислого глинозема — 1 г на 12,3 л (ведро), а квасцов — 1½ г тоже на 12,3 л. Осадок, получающийся при коагулировании и отстаивании, следует удалять из бочек или баков после каждой операции осветления воды. Для этой цели при больших установках в дне бака делают отверстие, закрываемое пробками. Небольшие бочки опораж-

нивают от осадка через край или через имеющийся кран, наклоняя бочку. Все бочки, баки, предназначенные для улучшения питьевой воды, следует снабжать крышками для предохранения воды от загрязнения.

3. Раствор дехлората, если потребуется его применение, приливают к уже хлорированной воде в бочки и хорошо перемешивают.

Для мелких установок раствор хлорной извести можно готовить в бутылках, четвертях, для чего отвешивают требуемое количество материала, всыпают в бутылку, наливают, необходимое количество воды, хорошо взбалтывают и дают раствору отстояться. Готовить лучше 1/2% раствор ввиду того, что тогда придется приливать в установку большее количество раствора, чем будет достигаться лучшее перемешивание раствора с общим количеством воды. Для определения дозы хлора при хлорировании на мелких установках можно применить способ, предложенный Показательной станцией по очистке воды, не требующей бактериологического контроля.

Черт. 8. Воду, которую нужно хлорировать, накачивают в бак из источника по трубе В по перекидному жолобу С, приливают затем в бак соответствующее количество раствора хлорной извести, хорошо перемешивают и оставляют в покое в течение двух часов, после чего вода готова для разбора. Та же операция производится и в других баках, по мере расходования воды.

Такая установка с тремя баками при прозрачной воде может непрерывно подавлять в час 1 2230 л хлорированной воды.

Емкость баков только для хлорирования воды без коагулирования можно определить по следующей формуле:

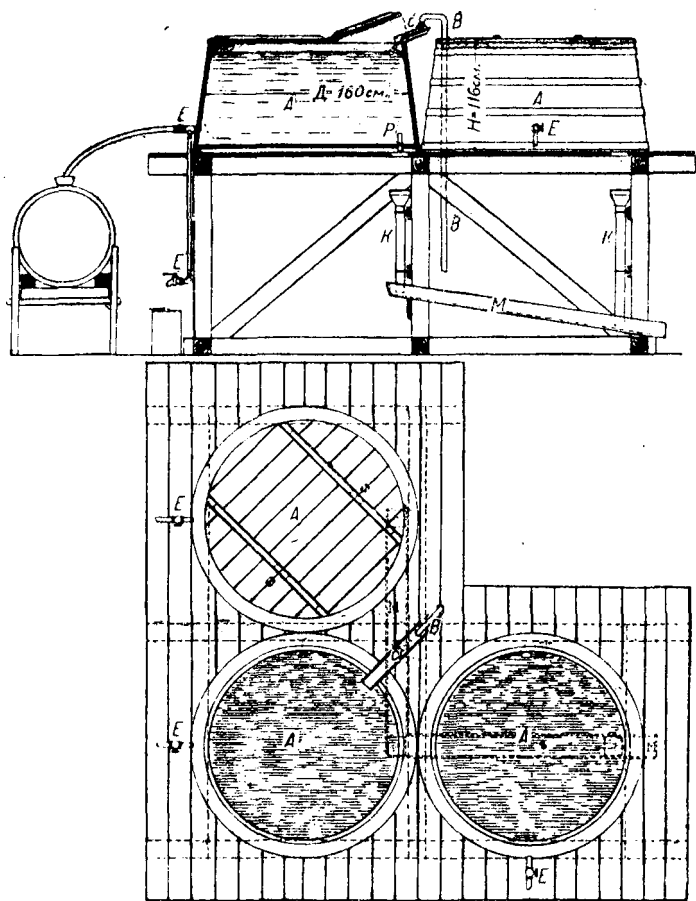
Объем одного бака

$$V = \frac{m \cdot Q \cdot q}{(n-1) Q - q}$$

где m — продолжительность хлорирования воды (2 или 3 часа); Q — количество воды, подаваемой насосами из источника в литрах в час; q — количество разбираемой воды в литрах в час; n — число баков.

Пример: определить размер баков для установки с разбором воды в 1 000 л в час ($q = 1\ 000$) при подаче насосом воды из источника в час 2 000 л; баков предположено иметь 2; продолжительность хлорирования 2 часа.

$$V = \frac{2 \cdot 2\ 000 \cdot 1\ 000}{(2-1) 2\ 000 - 1\ 000} = 4\ 000 \text{ л.}$$



Черт. 8. Установка для хлорирования питьевой воды с разбором 1 230 л в час при подаче насосом из источника 2 460 л в час. А—баки для воды; В—труба, подающая воду из источника; С—перекидной жолоб; Е—разборные краны; Р—отверстие в дне баков для спуска осадков; К—сточные трубы; М—жолоб для стока грязи.

Если предположить три бака ($n = 3$), то объем каждого бака будет:

$$V = \frac{2 \cdot 2\,000 \cdot 1\,000}{(3-1) \cdot 2\,000 - 1\,000} = 1\,333,3 \text{ л.}$$

Из нижеприведенной таблицы по данному объему (или ближайшему большему) определяется средний диаметр бака D и высота H . Пользуясь таблицей для второго случая, ви-

Дим, что ближайший большой объем будет $V = 1476$ л, диаметр --- 150 см, $H = 84$ см. Под объемом V подразумевается полезный объем бака, который может быть использован (от верхнего уровня воды до разборного крана).

Таблица размеров баков

D средний диаметр в см	H полезная высота в см.	D полезный объем в л	V средний диаметр в см	H полезная высота в см	V полезный объем в л
60	57	159,9	150	84	1 476,0
70	61	233,7	160	86	1 734,3
80	64	319,8	170	88	2 004,9
90	68	430,5	180	90	2 287,8
100	71	653,5	190	92	2 607,6
110	74	701,1	200	94	2 952,0
120	77	873,3	210	96	3 296,4
130	79	1 045,5	220	98	3 690,0
140	82	1 266,9	230	100	4 157,4

Хлорирование на мелких установках производилось в Ленинграде в Старой деревне. Там было установлено 20 чанов по 300 ведер каждый. Вода из реки большой Невки в баки подавалась электронасосом. К воде прибавлялся раствор хлорной извести из расчета летом 5 г активного хлора на 1 м^3 воды и зимой 3 г. Перемешивание производилось вручную. Отстой длился около суток, после чего остаток хлора уничтожался дехлорированием, и вода поступала в распоряжение жителей без хлора.

Потребность столь высокой дозировки хлора объясняется тем, что баки были открытые и мытье их (ежедневное) производилось ручным способом, при каковых обстоятельствах возможно было загрязнение воды.

Результаты периодически производившихся бактериологических исследований воды оказались следующими: находки кишечной палочки были — в 1921 г. в 400 см^3 в 16,7% и в 100 см^3 в 12,5%, а в 1922 г. в 400 см^3 в 23,1% и в 100 см^3 в 6,3%.

В Ейске тоже применялось хлорирование в мелких установках. Там были установлены на деревянных столбах два деревянных чана. Емкость каждого была $7,38 \text{ м}^3$. Наполнялись чаны из ближайших мелких колодцев пожарными насосами. При каждом наполнении чана прибавлялось хлорной извести 30 г. Хлорная известь прибавлялась в виде 1% раствора в количестве 3 л.

В мелких городах, не имеющих центральных водопроводов, совхозах и колхозах для хозяйственных нужд часто воду доставляют от источника водоснабжения в водовозных бочках. Во время водных эпидемий, когда дезинфицированную воду важно иметь не только для питья, но и для других нужд: умывания, мытья посуды, стирки белья и т. д., водовозные бочки можно использовать для хлорирования воды. Для этой цели нужно установить для данной воды дозу хлора, пользуясь хотя бы упрощенным способом без бактериологического анализа. Затем приготовить $\frac{1}{2}\%$ раствор хлорной извести. Измерить объем водовозной бочки. Подсчитать, какое количество раствора хлорной извести нужно прибавить в бочку, соответственно ее объему, согласно установленной дозе. Отправляясь за водой с бочкой, нужно захватить с собой в бутылке необходимое количество $\frac{1}{2}\%$ раствора хлорной извести. Когда бочка будет наполнена на $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{3}$ объема, вылить в нее содержимое из бутылки и затем продолжать наполнение водой. При наполнении вода хорошо перемешивается с хлором. Продержав в бочке воду два часа с момента наполнения, получим дезинфицированную, вполне годную для пользования воду. Для получения хороших результатов хлорирования следует наблюдать за тем, чтобы в бочке перед наполнением ее водой не оставалась на ней грязь, которую необходимо удалить.

На железных дорогах для снабжения населения станций, имеющих на месте источников водоснабжения, применяют для перевозки воды цистерны.

На линии Среднеазиатской ж. д., по данным С. В. Андровой и В. Я. Дайн, привозным водоснабжением пользуются 7% населенных пунктов железной дороги. Вода в цистернах согласно данным тех же авторов во время пути и стояния на станциях задерживается от двух часов до 7—8 дней. Если принять во внимание высокую температуру лета, весны и отчасти осени в Средней Азии и полную незащищенность от нагревания цистерн, то вода в последних должна неизбежно портиться. Химико-бактериологические анализы оказывают, что при хранении в цистернах питьевой воды качество последней сильно понижается в результате интенсивного распада органических веществ. По наблюдениям, сделанным в июле и начале августа 1927 г., температура воды внутри цистерны достигала 36—37°, т. е. цистерны как бы превращались в термостаты.

По нашим соображениям прибавление хлора в цистерны определенных дозах могло бы принести пользу. Прибавленный хлор задерживал бы распад органических веществ,

понижил бы количество бактерий и приостановил бы их размножение. Во время водных эпидемий способствовал бы их прекращению.

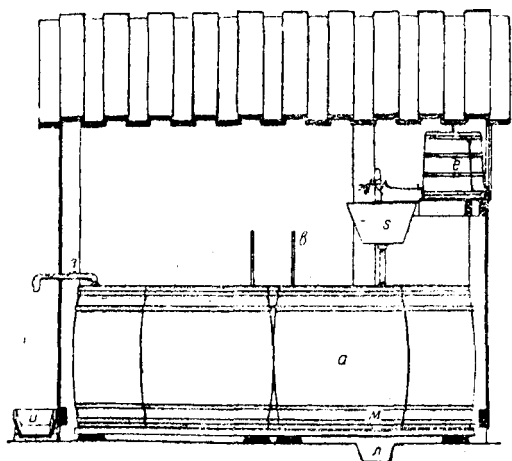
Количество прибавленного хлора должно быть такое, чтобы, давая необходимый бактериологический эффект, оно не влияло на запах и вкус воды, и кроме того чтобы хлор быстро не исчезал. Если одновременно не представится возможным прибавить достаточное количество хлора благодаря порче вкуса воды, то потребную дозу, гарантирующую бактериологический эффект, можно прибавлять не сразу, а частями. При налипании цистерны — половину, и по прибытии на место разбора — вторую половину. При продолжительном стоянии на месте можно повторить прибавку хлора вновь. Техника хлорирования воды в цистернах сходна с техникой хлорирования в водовозных бочках. Надлежащие результаты хлорирования могут получиться только тогда, когда осевшая из воды грязь в цистерне будет перед наполнением последней удалена путем споласкивания водой через отверстие, устроенное в нижней части цистерны.

На Среднеазиатской ж. д. вода привозится в цистернах, на станции сливается в водохранилища, в которых, по исследованиям С. В. Андросовой и В. Я. Дайн, она при хранении благодаря температурным условиям, недочетам водохранилищ, подвергается изменению в своих качествах в сторону их ухудшения. По данным анализов в водохранилищах наблюдается процесс распада органических веществ (увеличение окисляемости, увеличение азотистой и азотной кислот и аммиака). По нашим соображениям и здесь прибавление хлора в водохранилище во время слива воды из цистерны может принести хорошие результаты, но только при условии хорошей очистки водохранилищ от скопившейся в них грязи. В противном случае хлор, не принеся должной пользы, может дать привкус.

Установка для хлорирования воды с автоматической подачей раствора хлорной извести производительностью до 1230 л в час (черт. 9, 10, 11, 12, 13).

Общее устройство установки. Вода из колодца по трубе д (черт. 9 и 10, схема установки) поступает в воронку г и затем последовательно проходит пять бочек. Емкость каждой бочки — 490 л (40 ведер). Бочки герметично закрыты с обеих сторон днищами и снабжены горизонтальными перегородками, удлиняющими путь воды, а следова-

тельно, и увеличивающими время соприкосновения воды с раствором хлорной извести. В трех бочках перегородки сделаны со щелями (черт. 11, фиг. 2), а в двух — сплошные (черт. 11, фиг. 3). При этом следует отметить, что на фиг. 1



(черт. 9) в бочках, сплошных перегородок показано две ввиду изменения расположения бочек на схеме сравнительно с планом (чер. 10), в натуре же их следует делать три. Для выхода воздуха, скопляющегося в бочках служат вентиляционные трубки *л*.

Бочки соединены (черт. 11, фиг. 5) между собой короткими резиновыми рукавами (можно брезентовыми), надетыми на патрубки из трубок диаметром 25 мм или лучше 31 мм. Прикрепление воронки и трубки *в* первой бочке показано на фиг. 6. (черт. 11):

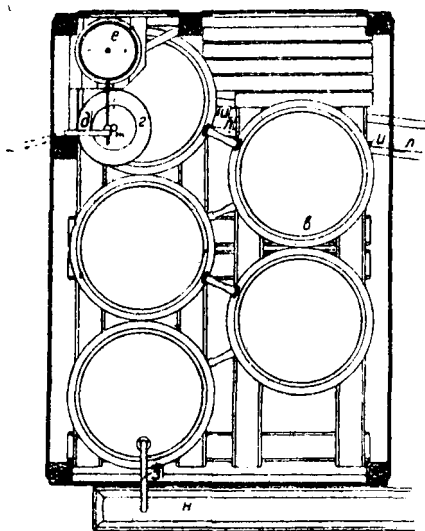
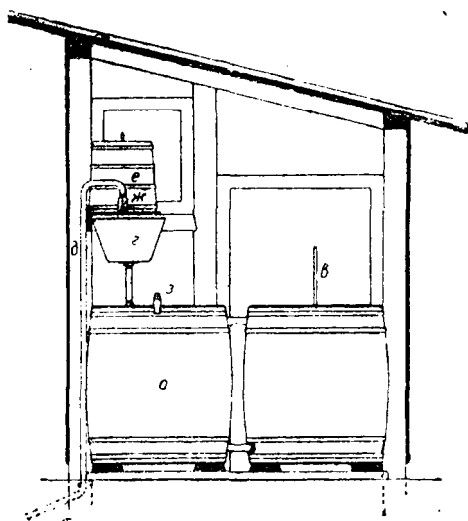


Черт. 9. Установка для хлорирования воды при колодце с производительностью до 1 230 л в час с автоматической подачей раствора хлорной извести (вид спереди и схема установки внизу).

к верхнему дну бочки привертываются две трубки, к верхней трубке прикрепляется воронка, нижняя трубка проходит внутрь бочки и немного не доходит до дна (фиг. 1, черт. 9).

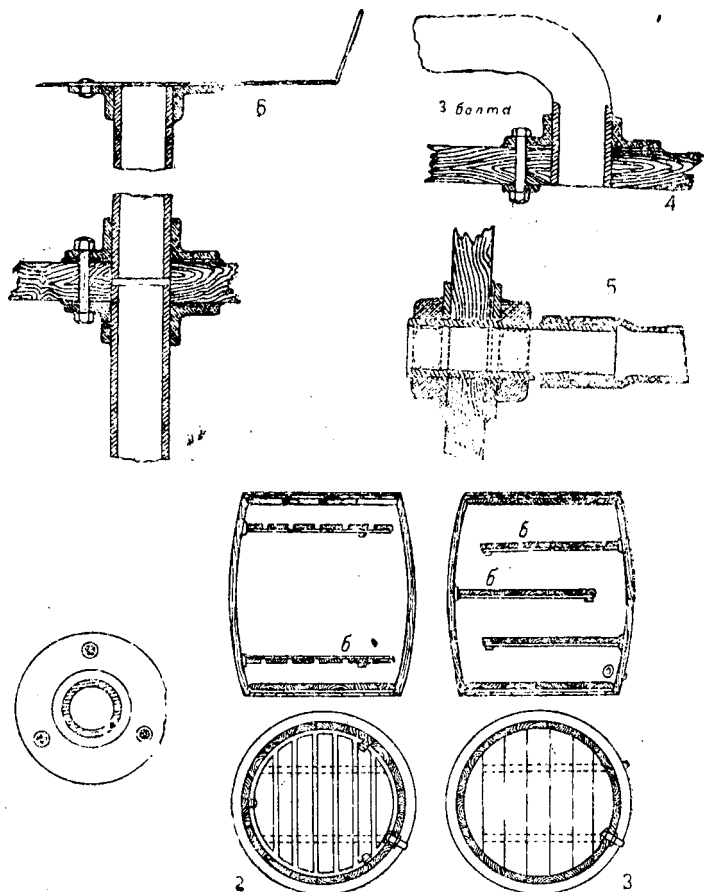
К поступающей воде в воронку *г* (черт. 9, фиг. 1) автоматически прибавляется раствор хлорной извести из резервуара *е* с помощью дозирующего прибора (черт. 13).

При подаче 1 230 л воды в час последняя пройдет через все бочки в течение двух часов, что вполне достаточно для хлорирования.



Черт. 10. Установка для хлорирования воды при колодце с производительностью до 1 230 л в час с автоматической подачей раствора хлорной извести (боковой вид и план). *а*—бочки емкостью по 490 л для хлорирования воды (5 бочек); *в*—вентиляционные трубки, вставленные в верхнее дно бочек; *г*—воронка для приема притекающей воды; *д*—подающая труба от колодца (на схеме справа); *е*—резервуар с раствором хлорной извести; *жс*—прибор для автоматической подачи раствора хлорной извести прикреплен к концу подающей трубы *д*; *з*—труба для разбора хлорированной воды (на черт. 9 слева); *л*—канавка для стока воды и грязи; *н*—жолоб под разборной трубой (на чертеже слева, на плане внизу).

В этой установке каждый, качающий воду из колодца, получает из последней бочки хлорированную воду. Наличие же обшивки кругом установки исключает возможность получения из колодца нехлорированной воды.



Черт. 11. Детали установки.

Фиг. 2—устройство и закрепление сквозных перегородок в бочках.

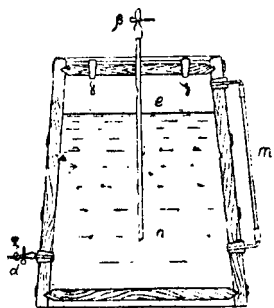
Фиг. 3—устройство и закрепление сплошных перегородок.

Фиг. 4—присоединение разборной трубы к верхнему дну последней бочки.

Фиг. 5—закрепление патрубков в боковых стенках бочек; на патрубки надеты концы резиновых рукавов, соединяющих бочки между собой.

Фиг. 6—прикрепление воронки к трубе (верхняя часть чертежа) и прикрепление трубы, проходящей внутри первой бочки, к верхнему дну этой бочки (нижняя часть чертежа).

Резервуар с раствором хлорной извести (черт. 12). Он представляет герметично закрытый сосуд, который для простоты можно изготовить из дерева. Через верхнее дно пропущена внутрь трубка *п*. Раствор расходуется через трубку, вставленную в стенке сосуда. Для правильности работы прибора: пробки и соединения резиновых трубок не должны пропускать воздух. Стыки днищ со стенками рекомендуется залить варом. Стеклопаянная трубка *п* имеет сверху резиновую трубку с зажимом β . Сбоку бака устроена водомерная трубка *т*.



Наполняют резервуар раствором следующим образом:

1. Зажимают резиновые трубки зажимами α и β .

2. Вынимают в верхнем дне пробки γ и через одно из отверстий - наполняют резервуар раствором хлорной извести.

3. После заполнения плотно затыкают пробки γ и снимают зажимы α и β , после чего резервуар готов к работе.

Черт. 12. Резервуар с раствором хлорной извести. *e* — деревянный бачок, герметически закрытый сверху и внизу днищами; справа приделана стеклянная трубка, показывающая уровень жидкости в резервуаре; γ — пробки, закрывающие отверстия в верхнем днище; β — стеклянная трубка, вставленная в верхнее днище; ρ — зажим на резиновой трубке, надетой на конец трубки *п*, во время работы открыт, зажимается только при наполнении резервуара; α — зажим на резиновой трубке, идущей к автоматическому прибору; во время работы открыт, закрывается при наполнении резервуара.

Автоматический прибор (черт. 13). Прибор состоит из пластинки *K* с противовесом *M*, которые прикреплены к концу приводящей трубы посредством обоймы, служащей опорой для оси качающихся частей прибора. Ось имеет шипы, входящие в отверстия в боковых стенках обоймы, и может на них свободно вращаться.

К пластинке *K* наглухо прикрепляется скобка *f*, в верхней части которой укрепляется на оси винт *P*, гайка которого на шипах может свободно качаться около горизонтальной оси в скобке *f*.

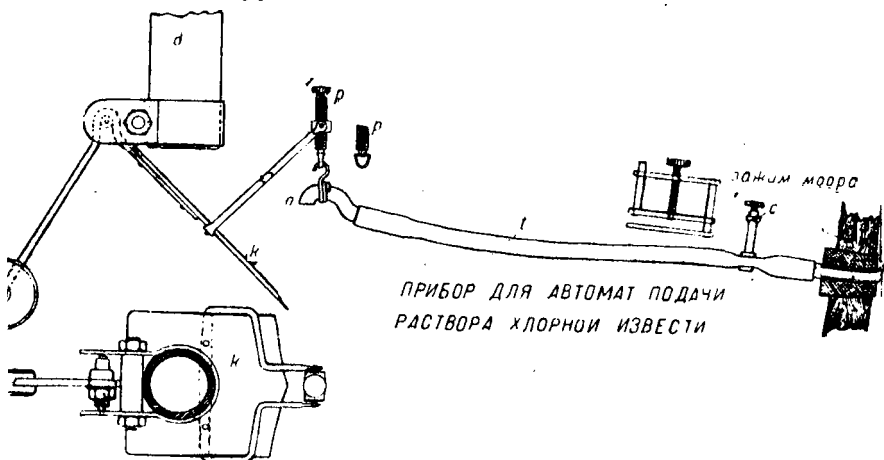
К винту на крючке подвешивается резиновая трубка *t*, оканчивающаяся стеклянным наконечником *o*.

Резиновая трубка, на которой находится зажим Мора *C*, соединена с резервуаром *e*, содержащим раствор хлорной извести.

Прибор прикрепляется к приводящей трубе в зависимости от расхода воды, поступающей на пластинку *K*, последняя отклоняется от первоначального положения; при этом опускается конец трубки *O* и, в зависимости от его понижения, устанавливается определенный расход раствора хлорной извести из бака *e*.

Установка автоматического прибора.

1. Устанавливают резервуар с хлорной известью таким образом, чтобы конец трубки *o* и конец трубки *n*, находящиеся внутри резервуара *e* (черт. 9 и 13), находились приблизительно на одном уровне.



Черт. 13. Прибор для автоматической подачи раствора хлорной извести.

2. Устанавливают груз *M* таким образом, чтобы при наибольшем расходе воды конец трубки *o* понижался бы на 2—2,5 см; при этом струя воды должна вся целиком падать на пластинку *K*.

3. Наполняют резервуар *e* 1 или ½% раствором хлорной извести.

4. Первоначально устанавливают конец трубки *o*, поднимая или опуская винт *P* таким образом, чтобы раствор хлорной извести начал вытекать из трубки *o* при малейшем отклонении прибора.

5. Поднимают затем трубку *o* приблизительно на 2 мм, поворачивая винт *P* на 2—3 оборота, чем достигается большая пропорциональность расходов воды и хлорной извести, как показал опыт.

6. Выбрав дозу хлора, устанавливают требуемый расход хлорной извести из трубки t зажимом C . Если прибавленное количество хлора окажется больше или меньше требуемого, то соответственным изменением зажима резинового трубки устанавливают нужный расход хлорной извести.

Количество прибавленного к воде хлора удобнее всего определять сейчас же после прибавления к ней раствора хлорной извести (определяется количество свободного хлора).

Пробу для анализа следует брать из количества воды не меньше 9 л.

При невозможности произвести количественное определение хлора в воде можно заменить определение хлора следующим приемом: подставив под приводящую трубу d ведро качают воду до наполнения ведра; вытекший же за это время раствор хлорной извести собирают отдельно в мерный стакан. Затем сравнивают количество собранного раствора хлорной извести с тем, которое должно было быть по заданию.

7. Проверяют вторично количество прибавляемого раствора хлорной извести при расходе воды в $\frac{1}{3}$ от наибольшего. Если прибавленное количество хлора окажется больше выбранного, то немного поднимают винтом P трубку o ; если недостаточно, то трубку o немного опускают.

Автоматический прибор для подачи растворов сконструирован и испытан на Показательной станции.

Подобная установка была осуществлена при колодце на станции Орша.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ХЛОРИРОВАНИЕ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ВОЕННОГО ВРЕМЕНИ

• Во время войны 1914 — 1918 гг. западные воюющие державы для очистки питьевой воды применяли в числе других способов также и хлорирование.

Англичане на фронте применяли хлорирование воды на стационарных установках, используя для этой цели в начале войны хлорную известь. В инструкциях, полученных с Архангельского фронта после ухода англичан, рекомендуется мутную воду предварительно осветлять квасцами с добавлением соды. Точно дозы активного хлора на литр воды в инструкциях не указываются, рекомендуется только применять хлорированные воды.

а) для речных или озерных вод—2 мерки (4 г) хлорной извести, если вода чистая, хотя и желтая, и 3 мерки (6 г), если мутная;

б) для колодезных вод — 1 мерка (2 г), если вода прозрачная и бесцветная и 2 мерки (4 г), если мутная и желтая.

Пользуясь приведенными примерами, можно приблизительно установить, что дозы активного хлора на литр воды колебались от 1,5 до 4 мг, предполагая, что хлорная известь содержала 30% активного хлора. Время контакта воды с хлором, согласно этой инструкции, колеблется от 2 до 6 часов. Для установок предлагается использовать бочки из-под спирта емкостью 340 — 378 л или бидоны из-под масла емкостью в 19 л. Одно из днищ бака или бидона срезывается, заменяется деревянной крышкой. Бак или бидон ставятся вертикально. Бидоны из-под масла должны быть тщательно выскоблены и очищены. На $\frac{1}{4}$ выше дна приделывается кран для пользования водой из бака. У дна устраивается другой кран для удаления грязи. При небольшом расходе и прозрачной воде рекомендуется пользоваться одним баком, при значительном расходе — двумя баками (в одном хлорируется, другой для раздачи), а при мутной воде ставят три бака для осветления, хлорирования и раздачи).

Позднее англичане вместо хлорной извести для дезинфекции воды стали применять жидкий хлор. Это стало возможным после того, как в Америке Уоллес-Тирнан (Wallace-Tiernan) изготовил аппарат, с помощью которого оказалось возможным вводить в воду, предназначенную для дезинфекции, хлор в точно определенном количестве. Первый такой аппарат был получен в Англии в августе 1916 г. Военным министерством для его испытания с водой из каналов были поставлены в Брентфорте опыты, давшие вполне благоприятные результаты. Аппарат работал точно, управлять им было незатруднительно.

Вода, получавшаяся после хлорирования, имела меньший привкус, чем вода, обработанная хлорной известью, что объясняется более быстрым связыванием хлора при введении в воду свободного хлора, чем при его введении в виде хлорной извести.

Прибавление сернистой кислоты для связывания оставшегося свободного хлора окончательно устраняло привкус в воде.

Сернистая кислота доставлялась в специальных стальных баллонах. При помощи этого аппарата хлор вводился непосредственно в дезинфицируемую воду.

После поставленных опытов аппараты Уэллес-Тирнаи были введены во всей английской армии и флоте. Аппараты эти применялись как на стационарных установках, так и на передвижных. Для последней цели вся установка устраивалась на автомобиле, который и следовал за передвигающимися войсковыми частями. Процесс очистки воды сводился к следующим операциям: 1) коагулированию воды с добавлением какой-либо щелочи в случае недостаточной жесткости воды; 2) отстаиванию; 3) фильтрованию; 4) дезинфекции воды хлором и наконец 5) удалению остатков хлора сернистой кислотой.

Контакт воды с хлором был кратковременный, менее 20 минут. Коагулирование применялось только при очень мутных водах. В передвижных установках для коагулирования воды применялись баки из парусины. В подвергшейся хлорированию воде после прибавления сернистой кислоты оставалось еще незначительное количество свободного хлора с той целью, чтобы сохранить воду в стерильном состоянии во время транспорта ее от места установки аппаратов до места расположения воинских частей. Хлорированная вода подавалась из очистительных установок на места потребления по трубопроводам, в бочках, цистернах или наливалась прямо в жестянки, которые доставляли в любое место.

Некоторые аппараты для жидкого хлора, применявшиеся для дезинфекции воды, были устроены так, что в случае невозможности пользоваться жидким хлором могли работать и хлорной известью.

В английской армии для дезинфекции воды применялись также таблетки Бутса, главная составная часть которых был кислый сернистый натрий (NaHSO_4). Дезинфицирующее действие этого препарата объясняется присутствием полу связанной серной кислоты.

В германской армии, по сообщению профессора Гофмана, применялись различные способы хлорирования воды.

1. Хлорирование большими дозами хлора в передвижных установках. В кадку из-под мармелада, снабженную внизу краном и высланную внутри мешком из материи, наливалась вода и прибавлялся раствор хлорной извести из расчета 50 мг активного хлора на литр; через 15 минут после прибавления хлора приливали раствор дехлората — сернистокислого натрия. Применение мешка мотивируется тем, что его можно промывать и тем восстанавливать его пропускную способность. Прибор устанавливался на дрогах для передвижения и обслуживался одним солдатом-санитаром.

2. Хлорирование дезазоном. Фирма Байер и К^о изготовляла препарат, известный в продаже под названием «Дезазон»; в небольшом пакете было упаковано 20 трубочек: из них 10 трубочек содержали по 0,2 г высокопроцентной хлорной извести (каждая трубочка на 1 л воды) и другие 10 трубочек — по 0,35 г дехлората «Ортизон» (соединение перекиси водорода с мочевиной) тоже каждая на 1 л воды. После прибавления хлорной извести к воде через 10 минут прибавлялся «Ортизон», через 1—2 минуты вода была готова к употреблению. Вкус воды не изменялся. Если хотели очистить большие количества воды, то пакеты соответственно увеличивались. Время очистки почти не изменялось.

3. Хлорирование по способу Шеффера с последующим дехлорированием и осветлением. Необходимо было иметь цилиндр с отверстиями у дна, закрываемыми двумя подвижными шайбами. По закрытии шайбами отверстий цилиндр наполнялся водой, прибавлялось необходимое количество хлорной извести и по истечении 5 минут всыпался уголь, содержащий небольшое количество сернистого глинозема. Вследствие адсорбции оставшегося хлора углем происходили дехлорирование и одновременно хлопьеобразование, а затем и осветление. После открытия у дна отверстий вытекала обеззараженная, осветленная, вкусная вода. Этим способом можно очищать также и большие количества воды.

4. Хлорирование, основанное на применении сернистого глинозема, хлорной извести и «осмозила». Осмозил—аморфная кремнекислота. Вода после прибавления глинозема фильтровалась через материю или бумажный фильтр и затем обрабатывалась хлорной известью из расчета 37,5 мг на 1 л. Через 2 минуты прибавлялся сернистокислый натрий для дехлорирования. Для вкуса к обезвреженной воде прибавлялись лимонная кислота и сахар. «Осмозил» прибавлялся в фильтр как фильтрующий материал.

5. Хлорирование по способу Рейна и Шпильнера. При этом способе применялся антиформин, представляющий особый препарат гипохлорита. Доза активного хлора 100 мг на 1 л. В качестве дехлората применялся сернистокислый натрий. Способ этот применялся для больших стационарных установок, как требующий сложной аппаратуры (насоса, фильтра, разных реактивов). Научно способ не обоснован.

Как видим, для хлорирования воды в передвижающихся частях в германской армии применялись подвижные приборы: кадка на колесах, внутри выложенная мешком, и, по способу Шеффера, цилиндр с отверстиями у дна. Индивидуальное хлорирование воды препаратом, изготовленным фирмой Байер и К°, имело большое распространение.

На русском фронте хлорирование воды в стационарных установках не применялось. Попытки Городского и Земского союзов в этом направлении успеха не имели; хотя для практического проведения хлорирования воды в военных условиях Показательной станцией по очистке воды, основанной Союзом городов, были разработаны простые установки, начиная от 370 до 1230 л и более, описанные выше. Эти установки применялись уже позже, в 1920 г., в 13-й армии, располагавшейся в районе Александровск — Мелитополь — Перекоп. Ввиду значительного числа заболеваний холерой и отсутствия центрального водоснабжения в большинстве уездных городов этого края пришлось в некоторых больших госпиталях, расположенных в Мелитополе, Большом Токмаке, Каховке, Никополе, а также и в некоторых дивизиях применять хлорирование воды в мелких установках.

Установка 15-го полевого запасного госпиталя в Никополе, как сообщает главный врач госпиталя, доктор М. Б. Коган, была вызвана тем обстоятельством, что в апреле 1920 г. среди персонала госпиталя стали замечаться массовые желудочно-кишечные заболевания, частью холероподобные. Вода доставлялась бочками из реки, причем черпалась непосредственно у пристани, санитарный надзор за которой осуществлялся только впоследствии.

Для осуществления установки на одном из бездействовавших в то время пивоваренных заводов Никополя было получено 3 деревянных бака по 3 690 л емкостью каждый. Баки были установлены на стойках, один выше другого, так что вода самотеком переливалась из одного бака в другой. В верхний вода подавалась при помощи насоса, здесь она осветлялась, во втором она хлорировалась, из третьего раздавалась. Желудочно-кишечные заболевания среди персонала сразу заметно уменьшились. Служащие госпиталя, а также и больные, охотно пили эту воду, и жалоб на привкус воды не было.

Во время войны 1914 — 1918 гг. на Западном фронте нас военным ведомством солдатам раздавались во многих местах хлорные таблетки. Таблетки эти, при правильном и использовании и доброкачественности, дают лабораторно вполне положительные бактериологические результаты; при

ем результаты получаются тем благоприятнее, чем прозрачнее вода. При практическом же применении таблеток для хлорирования воды согласно инструкции могли быть следующие недочеты: при различном содержании в воде органических веществ требуются различные дозы активного хлора для достижения надлежащих результатов хлорирования; между тем каждая таблетка содержала одинаковое количество хлора (1,2 мг), отчего в таблетках, прибавленных к воде, иногда было избыточное количество хлора сравнительно с тем, какое требовалось для дезинфекции данной воды, и потому по истечении установленного времени для хлорирования в воде оставался свободный хлор, не безразличный в гигиеническом отношении и дающий особый привкус воде. Или же, наоборот, в прибавленных таблетках хлора могло быть недостаточное количество для дезинфекции данной воды, и тогда получалась в конечном итоге вода недостаточно обеззараженная.

Ввиду вышеуказанных недочетов при пользовании хлорными таблетками для хлорирования малыми дозами, как например при индивидуальном хлорировании, не всегда могут быть достигнуты удовлетворительные результаты очистки. В стационарных же установках и в передвижных войсковых частях при применении больших доз активного хлора (3—5 мг активного хлора на 1 л) и при кратковременном контакте воды с хлором (15—20 минут) с последующим деchlorированием хлорные таблетки могут быть использованы успешно. Следует также иметь в виду, что хлорные таблетки, как и хлорная известь, в зависимости от способа хранения разлагаются, теряют свой активный хлор, что конечно неблагоприятно отзывается на процессе хлорирования. Кроме того во время войны 1914—1918 гг. многие врачи, прибывшие с фронта, рассказывали, что солдаты, которым были розданы таблетки, совершенно не пользовались ими для предназначенной цели, повидимому будучи плохо ознакомлены как с их назначением, так и применением.

Сравнивая способы хлорирования, применявшиеся в германской, английской и русской армиях, следует отметить прежде всего большое разнообразие способов хлорирования германской армии, что, по заявлению самих немцев, представляло большие неудобства (затруднительность снабжения материалами). Имея в виду массовое применение хлорирования, следует стремиться к тому, чтобы в армии применялся один и тот же способ хлорирования. В германской армии почти все способы рассчитаны на короткий контакт воды с хлором (от 2 до 15 минут) и на большие дозы активно-

го хлора с последующим дехлорированием. К положительной стороне этих способов следует отнести возможность быстро готовить воду при сравнительно небольшом объеме сосудов для дезинфекции воды, здесь же надо указать отрицательную сторону: применение таких колоссальных доз, как 30 — 50 — 100 мг активного хлора на 1 л воды, крайне опасно и требуется строжайший контроль за нейтрализацией оставшегося хлора; избыток в воде дехлората — сернисто-кислого натрия — после нейтрализации тоже нежелателен. Применение малых доз хлора (1 — 2 мг) и продолжительного контакта (2 — 3 часа) хлора с водой устраняет вышеизложенные недочеты: хлор к концу установленного времени для хлорирования совершенно нейтрализуется без применения дехлорирования. Такой способ хлорирования был использован в советской армии в 1920 г., и его же придерживались англичане в своих стационарных установках при хлорировании воды хлорной известью.

Таким образом на основании опыта минувшей войны мы рекомендуем применять хлорирование для дезинфекции воды в следующем виде:

1. На стационарных установках — в лазаретах, пропускных пунктах, банях и т. д. с применением небольших доз в 1 — 2 мг активного хлора на 1 л воды и при продолжительной выдержке воды под действием хлора (часа 2 — 3). Для установления дозы хлора при отсутствии химической лаборатории можно пользоваться простым способом, изложенным в первой части. Мутная вода должна быть осветлена отстаиванием, фильтрованием или коагулированием.

2. В походах, при наличии соответствующего оборудования и при возможности осуществить длительный контакт воды с хлором (2 — 3 часа), следует применять малые дозы хлора в 1 — 2 мг. При кратковременном контакте воды с хлором (15 — 20 минут) доза хлора должна быть повышена до 3 — 4 мг на 1 л воды с последующим дехлорированием гипосульфитом. В случае сильно мутной воды и невозможности ее осветления следует увеличивать дозу до 4—5 мг с последующим дехлорированием.

При хлорировании воды последними способами (большими дозами хлора) могут быть использованы хлорные таблетки в случае их доброкачественности.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗООБРАЗНОГО ХЛОРА ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ

Попытки заменить применение хлорной извести газообразным хлором имели место уже давно, но препятствием к этому являлись затруднения чисто технического характера. Требовалось разработать аппаратуру для дозировки и смешения газообразного хлора с водой при условии, что будет устранено выделение хлора на воздух, что было бы опасно для обслуживающего персонала и т. д. Впервые газообразный хлор нашел практическое применение в этой области в 1912 г. в Америке. В Германии начали ставиться практические опыты в этом направлении в 1920 г. и теперь там уже работает много установок этого рода. У нас газообразный хлор применяется на некоторых водопроводах — в Ленинграде, Москве, Баку и др.

Свойства хлора. Реакция взаимодействия газообразного хлора с водой. Преимущество газообразного хлора перед хлорной известью при дезинфекции воды. Дозы газообразного хлора, применяемые на практике.

Для хлорирования пользуются сгущенным хлором. Газообразный хлор при температуре $-33,6^{\circ}$ и атмосферном давлении или при -15° и давлении в 6—7 атмосфер превращается в желтовато-зеленую жидкость, которая при более низких температурах превращается в твердое тело, плавящееся при -102° . Удельный вес жидкого хлора при -40° равен 1,5709, и при $0^{\circ}=1,4685$. 1 кг жидкого хлора соответствует 300 л газообразного хлора. Из 400 объемов газообразного хлора получается 1 объем жидкого хлора. Хлор растворяется в воде в различных количествах в зависимости от температуры. Так, при 10° и нормальном давлении в 1 объеме воды растворяется 3,09 объемов газообразного хлора. Водный раствор хлора носит название хлорной воды. На колоду из насыщенной хлорной воды выкристаллизовывается гидрат хлора $Cl_2 \cdot 8H_2O$, легко распадающийся при нагревании на хлор и воду. Хлор в 2,45 раз тяжелее воздуха.

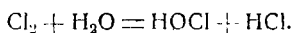
Газообразный хлор имеет несомненное преимущество по сравнению с хлорной известью прежде всего уже потому, что в последней содержание активного хлора все же в 2—3 раза меньше, чем при пользовании газообразным хлором. Кроме того имеется ряд указаний, что газообразный хлор

по своему бактерицидному действию дает эффект, значительно высший, чем следует по вышеуказанным расчетам. Так инженер Ф. А. Данилов указывает, что «хлорной извести, даже при хорошем ее составе, идет значительно больше теоретического расчета, а именно — при достижении одного и того же результата ее тратится в 6—8 раз больше, чем газообразного хлора, а в некоторых случаях — даже в 10—15 раз больше. Другими словами, 1 кг газообразного хлора может стерилизовать количество воды такое же, как 6—8, а в некоторых случаях даже 10—15 кг хлорной извести в зависимости от качества стерилизуемой питьевой воды».

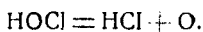
По указанию Н. Эльмановича «400 г жидкого хлора по стерилизующей силе соответствуют 3,2 кг хлорной извести».

Это различие объясняется тем, что в хлорной извести активный хлор находится в связанном состоянии в виде соли хлорноватистой кислоты, а газообразный хлор — в свободном состоянии в виде хлорной воды.

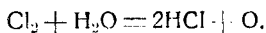
Реакция окисления для хлорной воды протекает сначала через фазу образования хлорноватистой кислоты, как это имеет место и для хлорной извести:



Образовавшаяся соляная кислота связывается с карбонатами воды, а хлорноватистая кислота распадается с отщеплением активного хлора:



Таким образом схематически имеем:



Как мы видели выше, в конечном счете и для хлорной извести в результате ее распада в водном растворе последняя фаза сводится к той же реакции, но разница в том, что распад хлорной извести должен протекать значительно медленнее, чем хлорной воды. Из других веществ, стерилизующие свойства которых основаны точно так же на реакции окисления, т. е. выделения активного кислорода, — те, которые распадаются в водных растворах медленнее, чем хлорная известь, как марганцевокислый калий, перекись водорода, — обладают более слабо выраженными бактерицидными свойствами. По аналогии можно думать поэтому, что тем же объясняется более сильное действие хлора, чем хлорной извести. Все же мы считали необходимым для выяснения различия между действием хлорной извести и хлора поставить специальные опыты. На основании этих опытов можно сде-

датель вывод, что стерилизующее действие хлорной воды и хлорной извести изменяется в зависимости от температуры воды.

Иллюстрацией этого является следующий опыт.

К сырой воде из московского водопровода было прибавлено небольшое количество взмученной почвы, а затем вводился хлор в виде хлорной воды и хлорной извести. Одни сосуды держались при температуре 18°, другие 35°. Через различные промежутки делался подсчет оставшихся бактерий. Приводим данные, полученные через три часа.

Дозы хлора	0,1 мг	0,2 мг	0,4 мг	Контроль	Т°	Время подсчета
Хлорная известь . . .	500 000	250 000	9 500	500 000	20°	Через 1 ч.
» вода . . .	5 000 000	300 000	700	—	—	
» известь . . .	400 000	250 000	2 050	500 000	35°	» 1 »
» вода . . .	500 000	400 000	220 000	—	—	» 3 »
» известь . . .	750 000	145 000	700	650 000	20°	
» вода . . .	750 000	275 000	200	—	—	» 3 »
» известь . . .	500 000	75 000	1 050	650 000	35°	
» вода . . .	500 000	135 000	125 000	—	—	

Таким образом мы приходим к выводу, что при температурах более высоких, чем это обычно имеет место (35°), стерилизующее действие хлорной извести сильнее, чем хлорной воды. Напротив, для обычных температур (18°) действие хлорной воды оказывается сильнее, чем хлорной извести. По крайней мере для дозы хлора в 0,4 мг на 1 л через 3 часа для хлорной воды бактерий осталось в 3½ раза меньше, чем для хлорной извести. Правда, для дозы в 0,2 мг цифра оставшихся бактерий несколько меньше для хлорной извести.

В частности для температур в 18—20° и более низких, т. е. для летнего времени, можно констатировать для хлорной воды более сильное действие на бактерий лишь в сравнительно слабой степени. Поэтому на основании наших данных нельзя говорить о том, что газообразный хлор в 8 и даже в 15 раз действует сильнее, чем хлорная известь. Различие в действии того и другого при низких и средних температурах зависит по видимому почти исключительно от содержания активного хлора.

В летнее жаркое время, когда температура воды может подниматься до 25° и выше, по нашему мнению, было бы целесообразнее применять хлорную известь. При применении же в этом случае газообразного хлора следовало бы повышать его дозу.

Преимущество при пользовании газообразным хлором помимо того, что он содержит раза в 3 больше активного хлора, заключается еще в том, что при этом из воды скорее исчезает свободный хлор и в таком случае гораздо реже могут наблюдаться в хлорированной воде привкус или запах хлора. Благодаря этому во многих случаях при необходимости повышенной дозировки можно избежать последующего дехлорирования путем замены хлорной извести газообразным хлором, не уменьшая дозы вводимого активного хлора.

Согласно Орнштейну в Германии на установках с применением газообразного хлора он вводится в количестве 0,1—0,3 мг на л. Во многих случаях — даже менее 0,1 мг так например в Эссене при 0,05 мг достигнуто было уменьшение числа бактерий со 160—415 до 0—10 в 1 см^3 .

В Альтоне при 0,3 мг хлора на литр количество бактерий со 100—1 200 падало до 20 и даже до нуля. Несмотря на колебания в расходе воды от 12 до 68 м^3 в час, количество бактерий со 173—267 падало до 2—10 на 1 см^3 .

Кроме того в Гамбурге, Берлине и других городах было отмечено при этом устранение водорослей и других мелких организмов, засоряющих фильтры. В Гамбурге при фильтрации поверхностной воды этим путем было достигнуто увеличение на 75% срока работоспособности фильтров. При этих дозах хлора были 1,0, а иногда 0,5 мг, причем после фильтрации прибавлялось еще небольшое количество хлора. Так как вода обладает способностью связывать хлор, причем связанный хлор не отражается на ее вкусе, то после хлорирования вода не только не хуже по вкусу, но, как во многих случаях отмечалось, ее вкус улучшается.

В Альтоне (директор Эстер), хотя применялось 1,3 мг хлора при экспертизе воды, хлорированная вода больше частью производила впечатление свежей. То же наблюдалось в Гамбурге и Магдебурге: вследствие введения хлора вкус воды даже улучшался.

Относительно применения хлора для воды в купальных бассейнах интересные данные сообщают проф. Зелигман (Управление здравоохранения Берлина) и проф. Бюргер (Берлин-Далем). Их выводы сходятся в том, что хлорирование купальных бассейнов, если оно правильно ведется, дает пр

расные результаты и уничтожает легко передаваемый при пользовании купальными бассейнами так называемый купальный конъюнктивит. Необходимые дозы по их данным надо подбирать так, чтобы после уничтожения бактерий, на которое расходуется большая часть хлора, еще оставался избыток в бассейне свободного хлора, который обеспечивал бы немедленное уничтожение всех патогенных бактерий от купающихся. Этот избыток должен равняться 0,3 — 0,5 мг на 1 л, а общая доза вводимого хлора должна равняться 0,7 — 1,0 мг. При высокой же посещаемости, как в берлинских купальнях, доза эта должна быть не менее 2 мг.

Шварцбах сообщает данные о стерилизации воды в районе Эрфурта. Там сначала (с 1920 г.) применялась хлорная известь. К числу недостатков этого способа, по словам автора, следует отнести следующие: «Результат в сильной степени зависит от добросовестности обслуживающих установочных лиц, наблюдаются часто колебания в содержании активного хлора в хлорной извести от 20 до 30%. Затем в дни высокой влажностью воздух обогащается газообразным хлором, отчего сильно страдают расположенные вблизи металлические части. Кроме того иногда известь вызывала закупорку приводящей трубки». Чтобы избежать этих дефектов при хлорировании, в 1924 г. хлорная известь была заменена газообразным хлором. Установки в Вехмаре и Вальдерслебене были проверены Гигиеническим институтом Иене.

Согласно этим исследованиям из 583 проб воды, стерилизованной хлорной известью:

70,67%	проб содержали	от 0 до	10 бактерий
11,83%	»	» 11	» 20
9,76%	»	» 21	» 50
3,28%	»	» 51	» 100
4,46%	»	» более	100

из 235 проб воды, обработанной газообразным хлором:

82,56%	проб содержали	от 0 до	10 бактерий
12,77%	»	» 11	» 20
4,25%	»	» 21	» 50
0,42%	»	» 51	» 60
0,00%	»	» более	60

«Эти данные, — говорит автор, — отчетливо обнаруживают лучшее действие установок с газообразным хлором по сравнению с установками с хлорной известью. Особенно рельефно сказывается преимущество установок с газообразным хлором при сравнении подсчетов бактерий во время

паводкой в январе 1920 г. и с 25 декабря 1925 по январь 1926 г.».

Из ниже приведенной таблицы видно, что при пользовании хлорной известью в хлорированной воде оставалось иногда очень большое количество бактерий—сотни и тысячи. При пользовании газообразным хлором количество оставшихся бактерий не превышало единиц.

«В течение паводка в декабре 1925 и январе 1926 г. ежедневно брались две пробы для бактериологического исследования, и обе оказывались с весьма низким содержанием бактерий. Точно так же ежедневно делались пробы на *Bacterium coli* в 1,5 и 10 см³ воды; все пробы обнаружили отсутствие *coli*. Пробы брались из водоема с хлорированной водой в расстоянии 18 — 23 км от места хлорирования».

Январь 1920 г.		Декабрь 1925—январь 1926 гг.	
Хлорирование хлорной известью		Хлорирование газообразным хлором	
	Количество бактерий в 1 см ³		Количество бактерий в 1 см ³
14 января	675	28 декабря 1925 г.	3
15 »	938	29 » 1925 »	8
16 »	1 210	31 » 1925 »	13 и 17
17 »	264	1 января 1926 »	6 и 15
20 »	19	2 » 1926 »	4
21 »	8	4 » 1926 »	3 и 3
22 »	341	5 » 1926 »	3 » 2
23 »	137	6 » 1926 »	2 » 4
27 »	118	7 » 1926 »	2 » 3
29 »	51	9 » 1926 »	7 » 9
30 »	55	15 » 1926 »	7
31 »	58	16 » 1926 »	2

Техника дезинфекции воды газообразным хлором

Газообразный хлор, превращенный под давлением в жидкость, поступает в продажу в стальных цилиндрах. Чистый вес хлора в них, у нас в Союзе, по данным Всехимпрома 25—30 кг. Давление газообразного хлора в баллоне меняется в зависимости от температуры. Так при температуре, равной 0°, давление равно 3,6 атмосферы; при 15° будет рав

5,7°; при 26° — 6,5, при 30° — 8,5, при 60° равно 18,2 атмосферы.

Аппараты, предназначенные для практического использования газообразного хлора для стерилизации воды, делятся, во-первых, в приспособлении для введения хлора в воду под постоянным давлением, чтобы гарантировать постоянство расхода газа; во-вторых, в приспособлении для дозировки хлора, для чего имеются специальные приборы; в-третьих, в приспособлении для немедленного смешения остывающего хлора с водой.

Первая задача решается применением редукционного лапана, благодаря которому в аппарате поддерживается постоянное давление независимо от меняющегося давления в баллоне с хлором; вторая — применением особых систем четчиков; при решении третьей задачи одни конструкторы предварительно газообразный хлор, прошедший аппарат, смешивают с небольшим количеством воды, получают хлорную воду большой концентрации (3—5 г хлора на 1 л воды), которая затем идет для дезинфекции всей массы воды. Так как удельный вес хлорной воды приблизительно равен удельному весу чистой воды, то смешивание раствора хлорной воды с водой, предназначенной для стерилизации, происходит тотчас же. Другие конструкторы газ вводят непосредственно в воду при помощи особых распылителей (диффузоров).

Для получения хлорной воды применяются или смешанные цилиндры или адсорбционные колонки. Применение аппаратов с той или другой системой зависит от давления воды в водопроводе на месте установки прибора. Если это давление более атмосферы, то ставят прибор со смесителем, в котором газ и вода поступают сверху. Если давление менее атмосферы, то ставят прибор с адсорбционной колонкой, заполненной коксом, в которую вода поступает сверху, а хлор подводится трубой снизу. Двигаясь вверх, вступая в воду, он растворяется в последней.

Аппараты, в которых хлор предварительно смешивается с водой и затем полученная хлорная вода вводится для дезинфекции всей массы воды, на практике получили широкое применение. При этой системе можно надеяться на более равномерное смешивание хлора с водой, а следовательно и на получение лучшего бактериологического эффекта хлорирования. По исследованиям же д-ра F. E. Hale, химика департамента водоснабжения в г. Нью-Йорке, бактериологические результаты получаются одинаково равноценные как от непосредственного введения хлора в воду, так и от применения

его в виде раствора. Эксплуатация и устройство установок для непосредственной подачи хлора в воду более просты и немного дешевле.

Приборы для использования газообразного хлора для дезинфекции воды носят название хлораторов, хлоринаторов, хлоринитцеров, хлорономов.

Регулирование расхода хлора в хлораторах бывает двоякое: в одних расход хлора, установленный в начале работы от руки, не меняется с изменением расхода воды в трубах; в других, установленный тоже в начале работы от руки, он автоматически меняется с расходом воды в трубах.

Хлораторы изготавливаются в Америке, Англии и Германии. Цена их различна. Самыми дешевыми являются немецкие приборы, американские дороже раза в полтора, английские дороже немецких раза в два с половиной. У нас в Советском Союзе изготавливаются хлораторы системы Ремесницкого.

Хлораторы Wallace-Tiernan

(Wallace and Tiernan Company, incorporated Newark, New Jersey).

На черт. 14 изображен первоначальный тип хлоратора с автоматической регулировкой расхода хлора и непосредственным его введением в воду.

Хлор из баллона *A* поступает по трубке *B* в редукционный вентиль *D*, по выходе из которого давление газа становится постоянным, независимо от меняющегося давления в баллоне.

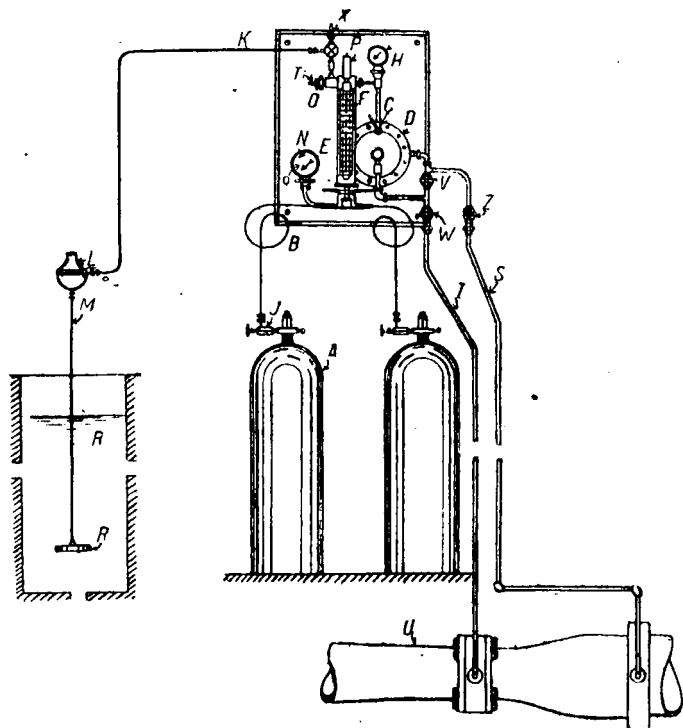
Манометр *N* показывает давление выходящего газа из баллона. Из редукционного вентиля *D* газ проходит через измеритель *F*, учитывающий расход газа. Далее газ через трубку *K*, обратный клапан *L*, трубку *M* вводится в «карбонированный диффузор» *F*, из которого он выходит мелкими пузырьками и быстро растворяется в окружающей воде. Манометр *H* указывает давление газа, выходящего из редукционного вентиля. Для автоматического регулирования расхода хлора соответственно расходу воды аппарат трубками *I* и *S* соединен с насадкой Вентури *U*.

В других аппаратах Wallace-Tiernan газообразный хлор прежде чем поступить в воду, предназначенную для дезинфекции, смешивается с водой в смесителе. Полученная хлорная вода уже поступает в общую массу воды для дезинфекции.

На нью-йоркском водопроводе, суточный расход воды которого 3 370 000 м³, поставлено 9 аппаратов Wallace-Tiernan.

В 1927 г. фирмой Wallace-Tiernan был выпущен новый тип хлораторов — вакуум-хлоратор, имеющий следующие особенности.

В первоначально изготовляемых приборах хлор в самом аппарате находился под давлением, в силу чего иногда

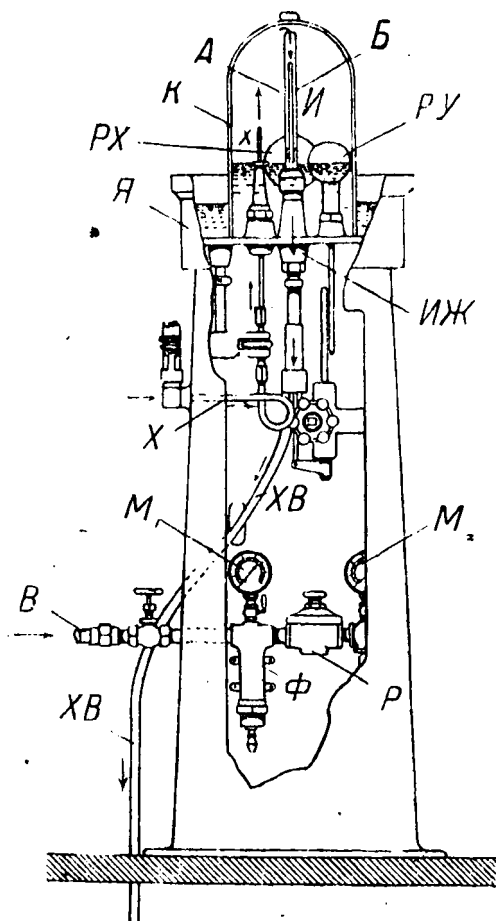


Черт. 14. Хлоратор Wallace—Tiernan с автоматической регулировкой расхода хлора.

возможны были его утечки, в новом типе хлор из баллона ступает под стеклянный колпак, в котором благодаря работе водяного инжектора, имеющегося в аппарате, создается вакуум, в силу чего утечка газообразного хлора из прибора почти невозможна. Поступление хлора в хлоратор прекратится автоматически с остановкой работы того же инжектора.

Верхняя часть вакуум-хлоратора (черт. 15) заканчивается чашкой, в которую наливается вода. В чашку поставлен

стеклянный колпак *К*, в стенках которого внизу есть отверстия; благодаря последним вода как в чашке, так и под колоколом, может стоять на одном уровне. Пространство под колоколом соединено с инжектором *ИЖ* через отверстие, на-



Черт. 15. Вакуум - хлоратор—Wallace-Tiernan.

ходящееся в верхней части трубки *Б* и через трубку *А*. Инжектор приводится в действие водой, поступающей из водопровода по трубке *В*, через фильтр *Ф*, редукционный вентиль *Р*, который понижает давление поступающей воды до рабочего. При работе инжектора под стеклянным колпаком

создается разреженное пространство с давлением в несколько сантиметров, в силу чего уровень воды под колоколом повышается за счет воды, поступающей из чашки Я. Увеличивающийся уровень воды под колоколом поднимает поплавковый регулятор РХ и тем самым открывает отверстие, через которое хлор из баллона по соединительной трубке Х поступает под колпак. Работающий инжектор ИЖ засасывает из-под колокола поступающий туда хлор, который в инжекторе смешивается с водой. Получающаяся хлорная вода отводится по трубке ХВ в водопровод.

Трубки А и Б служат для измерения расхода хлора. Внутренняя трубка А — серебряная, а Б — стеклянная, имеющая в верхней части капиллярное отверстие. В стенке этой трубки внизу имеется несколько отверстий, благодаря которым вода из-под колокола может поступать в трубку Б. Хлор, засасываемый инжектором, проходя через капиллярное отверстие трубки Б, теряет часть своего давления, в силу чего давление в трубке Б будет меньше, чем под колоколом. Поэтому уровень воды между стеклянной трубкой Б и трубкой А будет выше, чем уровень воды под колоколом. По разнице уровней судят о количестве прошедшего хлора.

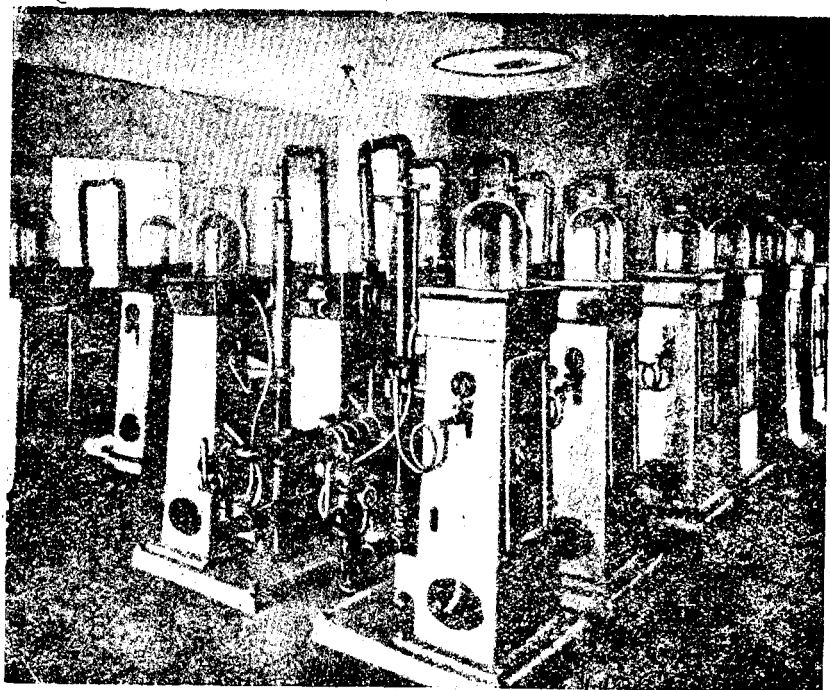
По окончании работы инжектора хлор из бомбы продолжает поступать под колокол и тем самым понижает там уровень воды, вытесняя излишек последней в чашку. При определенном уровне поплавковый регулятор РХ закрывает отверстие в трубке Х и тем самым прекратит доступ хлора из бомбы под колокол.

РУ — автоматический предохранительный поплавковый регулятор, ограничивающий уровень воды под колоколом.

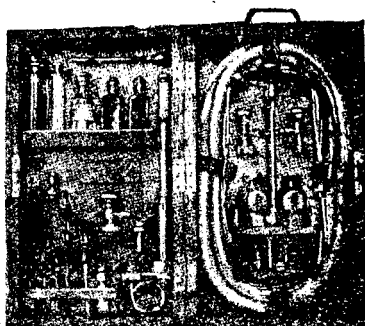
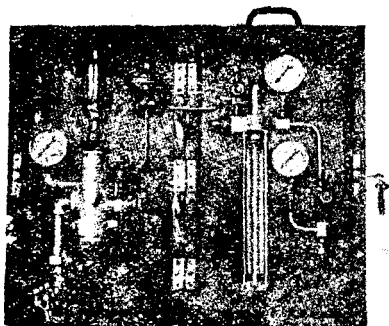
По данным фирмы Wallace-Tiernan вакуум-хлораторов в данное время работает в Соединенных штатах Северной Америки уже до 2 500 штук. Ими пользуются для хлорирования питьевых и сточных вод, и для плавательных бассейнов. На черт. 16 изображены вакуум-хлораторы.

Для применения жидкого хлора в различных практических условиях, например при дезинфекции вновь уложенных трубопроводов, баков и т. д. фирмой Wallace-Tiernan выпущены переносные хлораторы.

На черт. 17 изображена переносная установка, размещенная в двух деревянных ящиках. В одном ящике помещается хлоратор, имеющий все необходимые приспособления как



Черт. №16. Вакуум-хлораторы — Wallace-Tiernan



Черт. 17. Переносный хлоратор — Wallace-Tiernan.

Для непосредственного введения хлора в воду, так и для получения предварительно хлорной воды. Соединительная трубка от баллона с хлором присоединяется к хлоратору с правой стороны. Во втором ящике помещена добавочная аппаратура, как-то: рукав, соединительная гибкая трубка, серебряный диффузор для непосредственного ввода газообразного хлора в воду, а также реактивы и аналитическая посуда для контроля за введенным хлором.

На черт. 18 изображен второй тип переносного хлоратора. Здесь все необходимое помещено в одном ящике.



Черт. 18. Переносный хлоратор.— Wallace-Tiernan.

Стандартный хлоратор для непосредственного введения хлора в воду закреплен брусками и скобками в деревянном ящике, который может стоять вертикально. Рядом с хлоратором помещается цилиндр с хлором. Вспомогательные приборы размещены с задней стороны ящика и частью в передней крышке. Хлоратор можно вынуть из ящика, поставить на подставку, и он превратится в стандартный постоянный хлоратор.

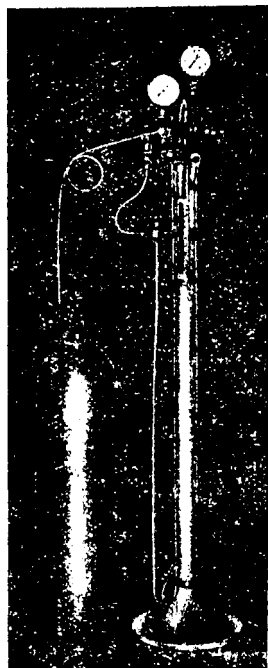
Хлораторы Парадон (Paradon M. F. G. Co. Arlinton, N. Y.)

Фирма Парадон изготавливает хлораторы как для непосредственного введения газообразного хлора в воду (хлоринаторы), так и аппараты, в которых предварительно получается хлорная вода (хлоринитцеры).

Хлораторы этой фирмы отличаются от других фирм своей компактностью.

На черт. 19 изображен хлоринатор. Хлор из баллона поступает в редукционный вентиль, расположенный сверху колонки. Левый манометр показывает давление хлора, поступающего из баллона в редукционный вентиль, а правый — давление газа, выходящего из редуктора. Газ из редуктора поступает в измерительный прибор, помещающийся ниже на колонке. Прибор этот состоит по образу измерителя Орнштейна из двух стеклянных трубок, вставленных одна в другую. В широкую налит четыреххлористый углерод. По разнице уровней в трубках судят о количестве прошедшего хлора. Хлор, прошедший измеритель по трубке, идущей вниз, отводится в резервуар или водовод для дезинфекции. Верхний вентиль на отводящей трубке служит для регулирования расхода хлора. Вентиль, расположенный справа от редуктора, служит для регулирования диафрагмы, находящейся в редукторе.

На черт. 20 дан второй тип хлоратора (хлоринитцер), в котором предварительно получается хлорная вода, поступающая затем в общий ток воды для дезинфекции. Прибор приводится в действие и останавливается автоматически водой, поступающей из водопровода в инжектор. Количество прошедшего хлора учитывается измерителем. Хлор в аппарат поступает из баллона по трубке, расположенной справа. Давление газа, прошедшего редукционный вентиль, указывается манометром.



Черт. 19. Хлоринатор
фирмы Парадон.

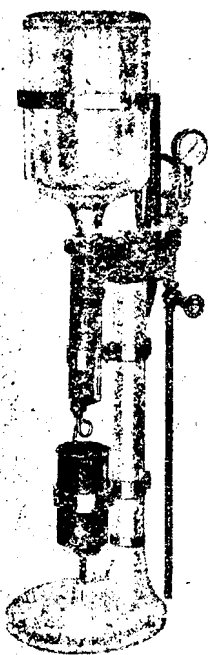
Фирмой Парадон выпущены и переносные хлораторы.

Аппараты Парадон установлены в Ростове-на-Дону и Ленинграде.

Хлораторы Петерсон.

(The Paterson Engineering Company, Limited. London).

Фирма эта строит хлораторы только одного типа. Хлор предварительно растворяется в воде, проходящей через адсорбционную колонку, наполненную коксом. Колонка сверху открыта. Хлор подводится в колонку снизу. Поднимается вверх, а навстречу ему движется вниз вода, в которой он и растворяется. Для полного растворения хлора необходима незначительная скорость его движения вверх. Поэтому поступающий в колонку хлор должен иметь небольшое давление. Для достижения этого фирма ставит в аппарате два редуционных вентиля. Первый вентиль понижает давление до 1,3 атмосферы. Второе отличие состоит в том, что вместо обратного клапана, устанавливаемого в большинстве хлораторов, применен затвор из серной кислоты, предохраняющий хлоратор от проникновения в него влаги со стороны колонки.



Черт. 20. Хлориметр
фирмы Парадон.

Измеритель хлора состоит из одной трубки в виде обратного сифона с налитой в нее жидкостью. Верхние концы сифона соединены с трубкой, по которой движется хлор. Концы присоединены до и после капиллярного отверстия в трубке.

Хлор из баллонов B и B_1 (черт. 21), пройдя через фильтр Φ , два редуционных вентиля P_1 и P_2 капилляр, поступает в затвор O , откуда трубкой X подводится в нижнюю часть колонки K ; двигаясь вверх, он растворяется в воде, которая подводится

в колонку сверху по трубке B и двигается вниз. Полученная хлорная вода отводится трубкой XB . Манометры M_1 и M_2 показывают давление до и после редуционных вентилях. Хлоратор смонтирован на одной доске, укрепленной на колонке. Хлоратор фирмой назван хлорономом.

Хлоратор д-ра Орнштейна.

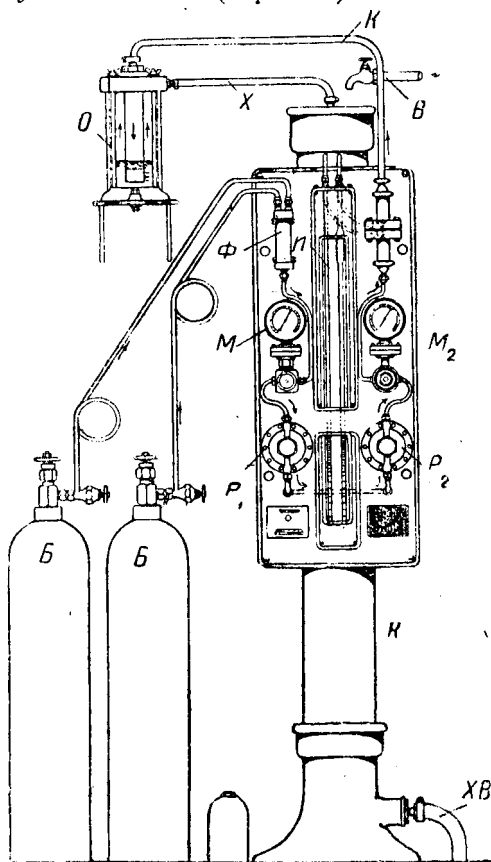
(Chlorator-Gesellschaft. Berlin. S. 14. Alexandrinenstrasse 48)

Аппараты доктора Орнштейна изготовляются двух систем: со стеклянным смесителем (черт. 22) и с адсорбционной колонкой, наполненной кусками кокса (черт. 23). Наименьший аппарат подает хлора в час от 1 до 20 г; следующий — от 20 до 200 и т. д. Самый большой обладает пропускной способностью в 5000 г в час. Вес аппаратов колеблется от 50 до 90 кг в зависимости от производительности.

Место, занимаемое аппаратом, крайне мало. Например аппарат, производительностью 5 г в час, помещается в шкафу, основание которого 1 км, а высота 2 м.

На черт. 24 изображен прибор доктора Орнштейна. Аппарат помещается на двух мраморных досках размерами каждая $0,6 \times 0,5$ м. На правой доске справа помещается манометр, учитывающий давление газа в баллоне. Внизу доски помещается редукционный вентиль, понижающий давление и

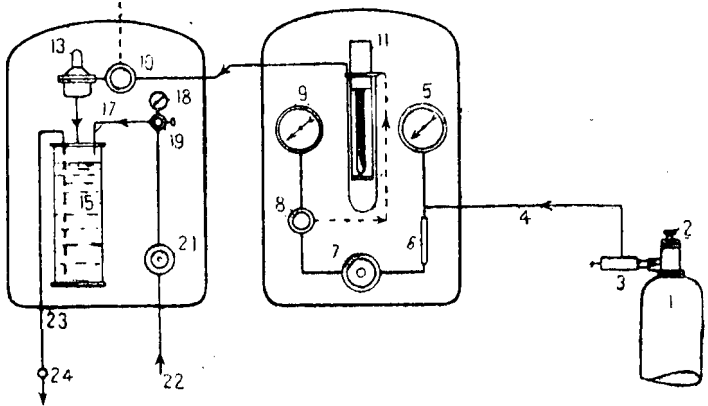
поддерживающий его постоянным, независимо от меняющегося давления в баллоне. Перед редукционным вентилем в аппарате поставлен фильтр для притекающего из баллона газа. Фильтрующим материалом служит туго набитая стеклянная вата (черт. 25). Давление газа, выходящего из редуктора, измеряется манометром, находящимся слева. Газ по



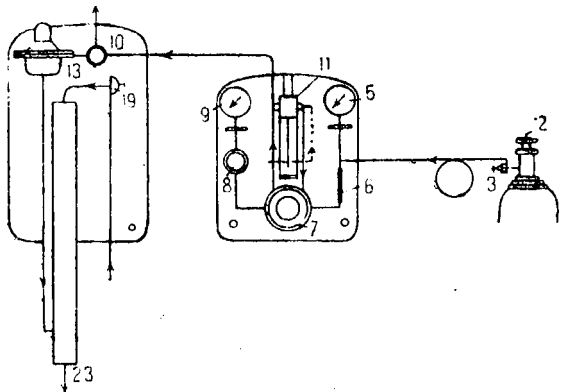
Черт. 21. Хлоратор (хлораном) фирмы Петерсон.

выходе из редуцирующего аппарата вентиля поступает в измерительный прибор, показывающий часовой расход газа.

На левой доске помещается обратный клапан, через который газ проходит в смесительную стеклянную колонку из измерительного прибора. Назначение клапана — закрывать



Черт. 22. Схема аппарата доктора Орнштейна со стеклянным смесителем.

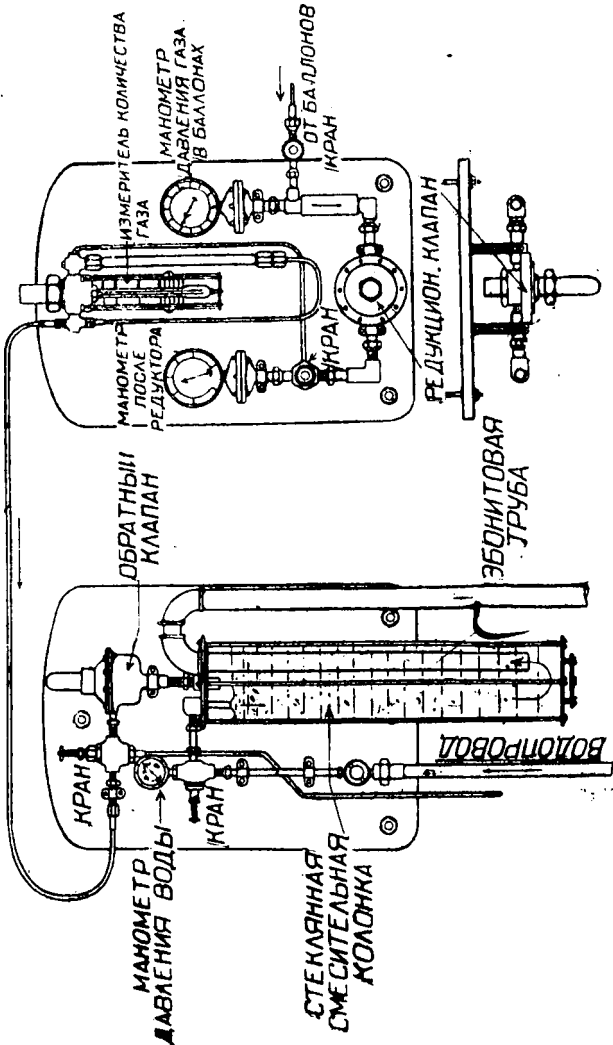


Черт. 23. Схема аппарата доктора Орнштейна с адсорбционной колонкой.

2—вентиль для наполнения баллона хлором; 3—вентиль для присоединения; 5—манометр, показывающий давление в баллоне; 6—фильтр; 7—редуцирующий клапан; 8—установительный вентиль для хлора; 9—манометр, показывающий давление газа после редулятора; 10—выпускной кран, предназначенный для освобождения аппарата от газа перед выключением установки; 11—капиллярный счетчик; 13—обратный клапан; 15—стеклянный смеситель; 18—манометр, указывающий давление воды, притекающей из водопровода в смеситель; 19—вентиль, регулирующий приток водопроводной воды в смеситель; 21 и 24—эпорные вентили; 23—эбонитовая трубка.

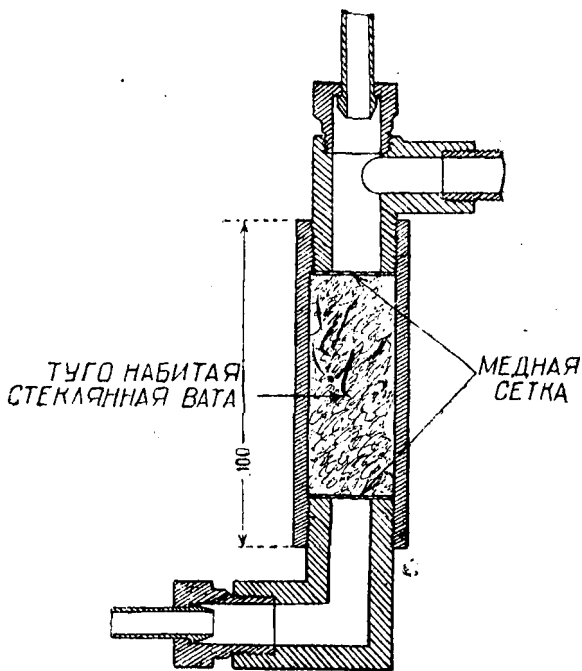
Доступ воды в газопровод из колонки в случае прекращения подачи хлора по трубопроводу. Смесительная колонка герметически закрыта. Слева по трубопроводу в колонку поступает вода из водопровода. Давление воды учитывается манометром. Справа от смесителя помещается эбонитовая труба, отводящая хлорную воду в трубопровод.

Хлорная вода, полученная от применения жидкого хлора, обладает кислой реакцией, поэтому она сильно влияет на



Черт. 24. Хлоратор д-ра Орнштейна со стеклянным смесителем.

металлы, в силу чего трубопроводы, отводящие воду из колонки, должны быть изготовлены из эбонита. Сам хлор, даже при незначительном содержании в нем влаги, но не более 0,5%, не действует разрушительно на металлы, поэтому весь газопровод от баллона к аппарату и арматура делаются из меди. Редукционный клапан представляет обыкновенную



Черт. 25. Фильтр в аппарате д-ра Орнштейна.

конструкцию клапана с диафрагмой, колебание которой регулируется пружиной.

Измерительный прибор (черт. 26), представляет дифференциальный манометр. Состоит из двух стеклянных трубок, вложенных одна в другую.

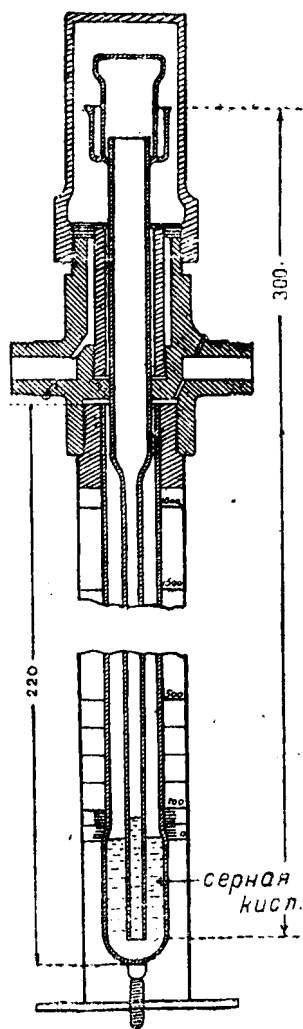
В нижней части широкой трубки налита серная кислота. Хлорный газ, двигаясь из редукционного вентиля, на своем пути у измерителя проходит через так называемый капилляр с очень малым отверстием. Газ, проходя через это отверстие, меняет свое давление — оно падает, причем с увеличением расхода газа разность давлений этого газа до и после капилляра увеличивается, и обратно.

Наружная широкая трубка измерительного прибора присоединяется к трубке, по которой идет хлорный газ из редукционного вентиля до капилляра, а внутренняя узкая — после капилляра; поэтому во внешней и внутренней трубках устанавливаются соответствующие давления газа; во внешней больше, чем во внутренней. В силу разности давлений в трубках серная кислота, налитая в широкую трубку, поднимается или опускается в узкой трубке в зависимости от разности давлений хлорного газа до и после капилляра. Разность уровней в трубках, которая учитывается по шкале, показывает часовой расход газа.

Внутренняя трубка сверху закрыта стеклянным колпачком, помещающемся в воронкообразном расширении внутренней трубки. Возвышающийся конец внутренней трубки имеет небольшое отверстие, через которое стекает обратно выкинутая из трубки серная кислота. Это может иметь место при быстром полном открытии запорного вентиля на газопроводе.

При небольших расходах хлора вместо описанного измерителя применяется пузырьковый. О расходе газа судят по количеству пузырьков, проходящих в минуту через жидкость в измерителе. По таблице, прилагаемой фирмой к каждому аппарату, вычисляют соответственно количеству прошедших пузырьков газа в минуту расход хлора в граммах в час. Регулируя соответствующим вентилем, устанавливают требуемый расход хлора в аппарате.

Аппараты д-ра Орнштейна установлены на водопроводах в Москве, Ленинграде, Баку и других городах.

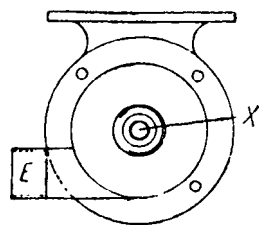
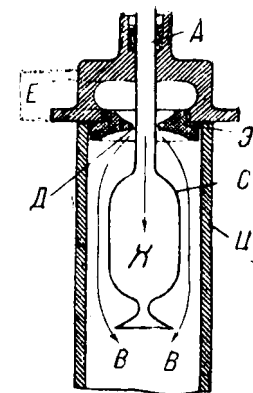


Черт. 26. Измерительный прибор в аппарате д-ра Орнштейна.

Хлоратор Б. М. Ремесницкого

(Ленинград, улица Чайковского, д. № 63, кв № 2).

Хлоратор Ремесницкого по конструкции похож на хлоратор д-ра Орнштейна. Он смонтирован на одной доске. В манометрическом измерителе вместо серной кислоты, как в хлораторе Орнштейна, налит четыреххлористый углерод. Смеситель у Ремесницкого благодаря особой формы сопел, подводящих в него хлор и воду, лучшей констр., чем у Орнштейна.



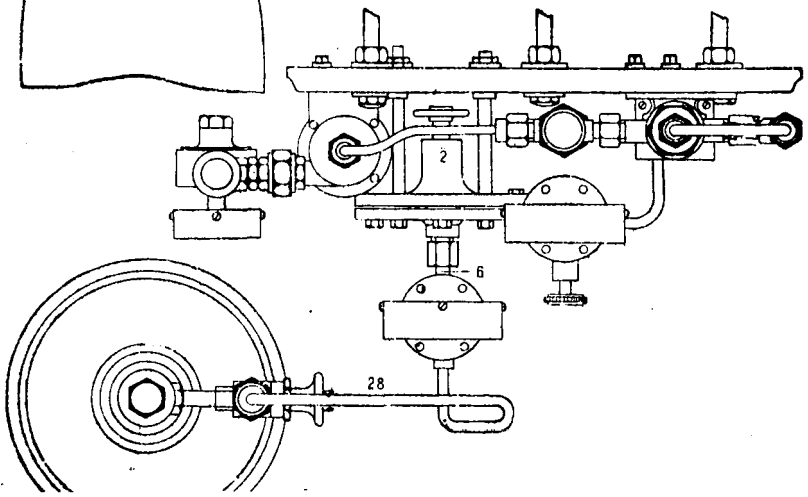
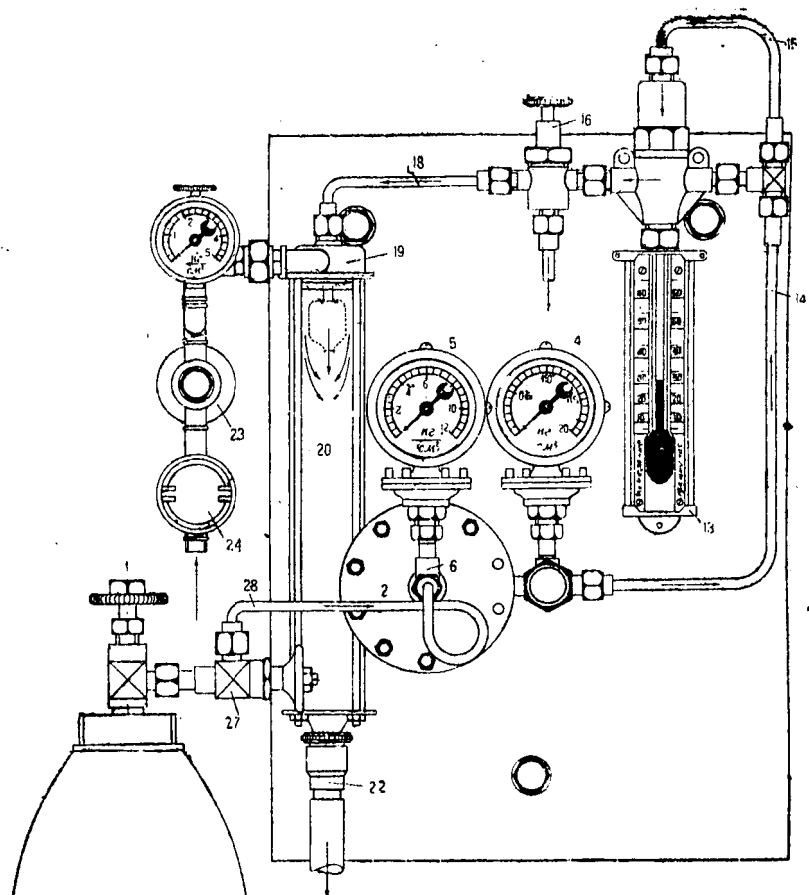
Черт. 27. Верхняя часть смесителя хлоратора Б. М. Ремесницкого.

Хлор в стеклянный смеситель (черт 27) поступает по трубке А, а вода из водопровода по трубке Е, расположенной не центрально относительно смесителя, а по касательной, благодаря чему вода, поступающая в цилиндр, получает вращательное движение, способствующее лучшему перемешиванию с хлором.

Черт. 28. Хлор из баллона по трубке 28 поступает в фильтр б для очистки от загрязнения и затем в редукционный вентиль 2, по выходе из которого давление остается постоянным. Манометр 5 указывает давление в баллоне, а манометр 4 указывает давление газа после редукционного вентиля. Учет подаваемого количества хлора производится манометрическим измерителем 13. За измерительным прибором хлор проходит еще вентиль 16, который служит вспомогательным вентилем при регулировании подачи хлора. По выходе из вентиля 16 газ по трубке 18 поступает в смеситель, куда подводится и водопроводная вода. Эта последняя, прежде чем поступить в смеситель, должна пройти через фильтр 24, редукционный вентиль 23, головку смесительного цилиндра 19. Из смесителя хлорная вода отводится по эбонитовой или резиновой трубке 22 к месту назначения. Хлораторы Ремесницкого установлены на Рублевской насосной станции в Ростове н/Д, Одессе и др. городах.

Стоимость воды, хлорированной газообразным хлором.

Относительно стоимости хлорированной воды, обработанной газообразным хлором, инж. Ф. А. Данилов в своей



статье «Стерилизация водопроводной воды газообразным хлором» приводит следующий расчет для русских водопроводов: «Если взять воду идеально прозрачную, то она потребует для своей стерилизации 0,2—0,3 г на 1 м³ воды. Возьмем среднюю величину 0,25 г. Количество газообразного хлора при расходе воды в 3 690 000 л в сутки будет:

$$\frac{3\,690\,000 \times 0,25}{1000 \times 1000} = 0,922 \text{ кг.}$$

Цена жидкого хлора в стальных баллонах в Москве составляет 15 руб.¹ за 16,4 кг, или 0,93 руб. за 1 кг. Следовательно станция на 3 690 000 л (300 000 ведер) воды в сутки потребует для ее стерилизации газообразного хлора на сумму— $0,922 \times 0,93 = 0,85$ руб. в сутки. Сам аппарат в Москве с установкой будет стоить 4 000—5 000 руб. Считая проценты на этот капитал и его погашение равным 15, мы получим, что стоимость установки в год обойдется в 750 руб., а в сутки—2,05 руб. Содержание аппарата в порядке не требует специального человека, но если бы включить и его зарплату в расходы эксплуатации, то необходимо будет прибавить еще 3 руб. в сутки. Наконец транспорт баллонов может потребовать еще 1 руб. в сутки.

Таким образом общая стоимость содержания станции для хлорирования в 3 690 000 л воды в сутки будет составлять 0,23 коп. за 1 230 л стерилизуемой воды».

В Ленинграде общая стоимость стерилизации 1 м³ воды газообразным хлором обошлась в 0,027 коп. (1 230 л хлорированной воды стоят 0,032 коп.). Ранее обезвреживание на той же станции 1 м³ хлорной извести стоило 0,05 коп. (1 230 л хлорированной воды стоили 0,06 коп.). Если принять во внимание только стоимость жидкого хлора, то издержки на хлорирование воды будут ничтожны. По данным Schwarzbacha в Эрфурте, если принять во внимание только стоимость хлора, дезинфекция 1 м³ воды на водопроводе обходится в 0,01 пфеннига, считая стоимость 100 кг жидкого хлора в 50 марок.

В Америке согласно расчету отдела здравоохранения штата Северная Каролина («The Health Bulletin», August 1920. № 8), расход хлора на 3 780 м³ воды выразится в сумме 20—60 центов, т. е. от 40 коп. до 1 руб. 20 коп. Включая все расходы по выплате процентов на вложенный капитал, амортизацию, материалы и пр., для города с населением в 20 000 жителей общая стоимость выразится в 4 цента (8 коп.) на 1 жителя

¹ В декабре 1930 г. 1 г жидкого хлора в Всехимпроме стоила 425 руб., баллон для хлора—61 р. 80 коп. •

в год. Для города с населением от 8 000 до 10 000 жителей стоимость увеличится до 5—6 центов на человека в год.

По данным отчета, изданного в 1926 г. Американской ассоциацией работников по водоснабжению, стоимость содержания и починки хлораторов для жидкого хлора для 36 больших городов оценивается в среднем в 36 долларов на 1 хлоратор в год, что составляет 3,6% всего расхода.

Для меньших установок эта сумма выражается в 33 доллара на 1 хлоратор в год, или 7,6%.

По приблизительной оценке средняя стоимость хлорирования в Америке равняется 1 центу (2 коп.) на человека в год.

Условия, которые следует соблюдать при установке хлораторов.

1. Хлораторы и баллоны с хлором должны быть установлены в особом помещении, которое должно быть оборудовано хорошей вентиляцией для удаления хлора в случае неисправности аппарата. Хлор, имеющий удельный вес выше воздуха, размещается при выделении из аппарата в нижних слоях.

2. Хлоратор и баллоны должны быть установлены в одном помещении. Это необходимо ввиду того, что если температура баллонов будет выше температуры хлоратора, то газообразный хлор, поступая в аппарат, может снова превратиться в жидкий, что вызовет неправильную работу аппарата, а также образование загрязняющих осадков.

3. Температура в помещении должна быть 15—20°. При низкой температуре давление хлора в баллонах становится таким малым, что работа аппаратов часто становится неправильной.

4. Хлоратор должен быть собран особенно тщательно для предупреждения просачивания газа из аппарата в помещение.

5. Для большей надежности контроля за расходом хлора баллоны, которые присоединены к хлоратору, должны быть установлены на весы.

6. Необходимо иметь противогазные маски на случай обнаружения в помещении свободного хлора, а также специальный запасный выход из помещения наружу.

7. При непосредственной подаче хлора в открытый водоем диффузор должен быть опущен достаточно глубоко, чтобы не допустить подъема газа на поверхность. Глубина погружения изменяется со скоростью течения воды в месте подачи хлора. Глубина эта считается достаточной в 1,2 м.

8. Расход хлора в день из баллона должен иметь определенный предел. По американским данным из баллона можно

расходовать не более 18 кг, иначе иснарение хлора в баллоне будет настолько быстро, что хлор в баллоне может замерзнуть. Поэтому, если расход хлора в день будет более 18 кг рекомендуют брать хлор из нескольких баллонов, но не более 18 кг из каждого.

Уход за хлоратором.

1. Внимательное отношение к хлоратору предупреждает его быстрое разрушение.

Чистый хлор без примеси влаги совершенно не действует на металлические части аппарата. Наоборот, очень мало металлов не поддаются действию влажного хлора. Поэтому следует внимательно следить за утечкой газа из аппарата. Хлор, просачиваясь в помещение, даже в незначительном количестве, соединяясь с влагой воздуха, тотчас же оказывает разрушающее влияние на металлические части аппарата. Для обнаружения утечки хлора пользуются его свойством давать белые пары при соединении с аммиаком. На практике для выяснения места утечки смачивают в нашатырном спирте (раствор аммиака в воде) тряпку, которую затем подносят к различным местам соединений в аппарате. Появление где-либо белых паров укажет на место утечки. В местах неплотных соединений подтягивают гайки.

2. Необходимо следить за тем, чтобы в аппарат не проникла влага. Хлор в присутствии влаги будет разрушать металл изнутри. Поэтому, если отнимают какую-либо часть или если сломается какая-либо трубка, следует образовавшееся отверстие в аппарате заткнуть пробкой.

Разобранные части аппарата, прежде чем их ставить на место, следует прочистить внутри с древесным спиртом, уничтожая таким путем в них влагу.

Следует наблюдать за исправностью работы обратного клапана, устанавливаемого в хлораторах для того, чтобы предупредить проникновение влаги со стороны смесителя. При неисправности клапана случается, что аппарат заполняется водой, когда он бывает остановлен. В аппарате при остановке после его освобождения от хлора, остается все же небольшое количество последнего. Поступающая влажность со стороны обратного клапана поглощает оставшийся хлор, в силу чего в аппарате образуется частичный вакуум, и вода втягивается в аппарат из смесителя.

3. Источником неправильной работы хлораторов является засорение различных трубок и проходных отверстий. Многие из этих отверстий очень малы в силу незначительного прохождения через них количества хлора.

Загрязнения могут быть в самом хлоре, или же могут появиться в аппарате в силу разрушения хлором самого прибора.

Иногда аппарат засоряется спустя несколько дней после его очистки — это указывает на то, что загрязнения имеются в самом хлоре. Загрязненность хлора может быть обнаружена следующим образом. Цилиндр с хлором выносят на воздух и по открытии вентилей выпускают хлор. Перпендикулярно направлению движения струи ставят лист белой бумаги или белую тарелку. Загрязнения, содержащиеся в хлоре, отложатся на бумаге или тарелке. Хлор следует выпускать по направлению движения ветра, а человеку следует становиться с подветренной стороны.

Для обнаружения места засорения в хлораторе следует проследить путь движения хлора в аппарате от места его поступления из баллона до места его подачи в смеситель. При этой работе могут быть полезны показания манометров, имеющих в аппарате. Если во время работы будет повышаться давление в манометре, поставленном после редуктора, это указывает на начинающееся скопление грязи в трубке, ведущей хлор от редукционного вентиля к смесителю или в обратном клапане. Прочистку обратного клапана прежде всего стараются сперва произвести продувкой хлора. Для этого, снявши колпачок с обратного клапана, проворачивают шпindel по часовой стрелке для увеличения подачи хлора и затем производят продувку. Если эта операция не устранит загрязнения, разбирают обратный клапан. Затем освобождают части от грязи, промывают их в теплой воде, просушивают и вновь собирают. Разборку, сборку и очистку обратного клапана следует вести самым осторожным образом, чтобы не повредить точно пригнанных поверхностей.

4. В аппаратах для подачи хлора, в виде раствора с подающим инжектором, иногда возникают затруднения из-за последнего. Он может вдруг прекратить всасывание хлора. Это может произойти или из-за падения давления притекающей воды, или из-за засорения фильтра перед инжектором, или из-за внезапного увеличения расхода воды в линии. Может произойти также из-за увеличения обратного давления в отводящей трубке после инжектора, в силу резкого загиба рукава, отводящего хлорную воду.

5. В некоторых типах хлораторов с подачей раствора хлора, иногда в смесительных цилиндрах, образуются кристаллы гидрата хлора ($\text{Cl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), которые могут закупорить сопло хлоратора. Гидрат хлора появляется в концентриро-

ванном растворе при температуре 4—5°. При обнаружении этого явления воду, поступающую в хлоратор, подогревают.

6. Металлические части хлоратора должны быть снаружи хорошо смазаны маслом. Это предохраняет их от разрушения.

Ценные указания относительно ухода за хлораторами имеются в инструкции работающим при хлораторах на Рублевской насосной станции, напечатанной в конце этой книги, в приложении.

Положение в Америке с хлорированием питьевой воды.

Для характеристики настоящего положения в Америке с хлорированием питьевой воды мы приведем данные, заимствованные из доклада д-ра Орнштейна на съезде работников по газо- и водоснабжению, сделанного им в Гамбурге, после своего объезда Америки в 1928 г.

Условия водоснабжения в Соединенных штатах и Канаде, двух величайших государствах Северной Америки, резко отличаются от европейских. Ввиду отдаленности от городов источников глубинных вод, а также их недостаточности для потребностей населения (нужно иметь в виду, что душевое потребление воды в американских городах в 4—6 раз выше, чем в городах Европы) приходится пользоваться там поверхностными водами из запруд, озер и рек.

Благодаря преобладанию почти во всей восточной части материка, а также на всем западном побережье каменистой подпочвы, грунтовых вод там не имеется, а наиболее населенные пункты сосредоточены как раз в этих частях континента.

Только в местностях среднего запада, например в штатах Индиана и Висконсин, а также в некоторых южных штатах на Атлантическом побережье можно пользоваться глубинными водами, хотя в первых двух штатах эти воды не вполне удовлетворительного качества, так как вследствие трещиноватой известковой подпочвы глубинные воды легко загрязняются с поверхности. В южных же штатах глубинные воды имеются лишь в слабо населенных пунктах. Таким образом благодаря естественному характеру почвы главную роль в водоснабжении Соединенных штатов и Канады играют поверхностные воды, и задачей органов здравоохранения является обезвреживание этих вод, поскольку они используются для снабжения городов.

В Америке, так же как и в Европе, уже лет 20 назад перешли от медленных к быстро действующим фильтрам

с предварительным коагулированием. В данное время ставятся исключительно быстродействующие фильтры. Во всех водопроводных установках, которые удалось осмотреть Орнштейну, применялось хлорирование, а для фильтрации — быстро действующие фильтры.

Нью-Йорк, величайший город Америки и всего мира, питается водой из многочисленных запруд, самая значительная из которых находится в Кетскильских горах, в 175 км от Нью-Йорка. Здесь вода собирается в двух больших запрудах, откуда по водопроводным трубам длиной в 120 км идет в резервуар, из которого самотеком по закрытым водопроводам передается до Нью-Йорка.

В самом городе для наивысших небоскребов имеются отдельные небольшие насосные станции, которые перекачивают воду в резервуары, устроенные под крышами, откуда вода распределяется по всем этажам.

Вода Кетскильских водоемов не подвергается фильтрованию, а на своем пути к Нью-Йорку хлорируется в трех пунктах, причем первый раз вводится 0,25 мг хлора на 1 л, второй раз — 0,17 мг на 1 л и в третий — 0,26 мг на 1 л. В дальнейшем эта вода при выходе из последнего резервуара, из которого она идет прямо на распределители, хлорируется еще раз, чтобы устранить возможное в этом резервуаре случайное загрязнение.

Второй большой водовод идет из Кротоновского бассейна, и здесь вода также хлорируется 2—3 раза, причем отдельные ручьи, которые питают Кротоновский бассейн, еще до впадения подвергаются действию хлора, а вся вода из бассейна в свою очередь хлорируется два раза. Все станции для сточных вод, расположенные поблизости, должны также подвергаться действию хлора.

Третье водное сооружение состоит из многочисленных устаревших отдельных водоснабжений, расположенных на острове Длинном, которыми пользуются в случае надобности.

Годовое потребление воды Нью-Йорка равняется 1 230 млн. м³, или 3 370 000 м³ в день, причем на хлорирование расходуется в год 570 т хлора, приблизительно 1 600 кг в день. В общем водоснабжение Нью-Йорка обслуживается 55 станциями, на которых имеются установки хлорирования.

Чикаго — второй город по величине в Соединенных штатах — также отказался от фильтрации, ограничившись исключительно хлорированием поверхностных вод, являющихся единственным источником его водоснабжения.

Вода берется из озера Мичиган посредством четырех длинных цементных всасывающих труб, которые опущены

в воду на расстоянии 3—6 км от берега. Несмотря на эти предосторожности, только в 1912 г. после хлорирования хлорной известью удалось получить безупречную воду. В 1915 г. было введено применение газообразного хлора, и так как это дало очень хорошие результаты, то им продолжают пользоваться и по настоящее время.

Ввиду особо важного значения хлорирования для гигиены города организован тщательный контроль за хлорированием и создан особый институт инспекторов, хорошо инструктированных в этом отношении. Установлено как правило, что на каждой насосной станции вода испытывается на хлор через час, причем она должна содержать его 0,12 мг на 1 л.

Различные факторы, в особенности бури и изменения в направлении ветров, сильно влияют на качество воды в озере Мичиган, причем в этом направлении ведутся постоянные наблюдения, и в сомнительных случаях проба на хлор производится через каждые 15 минут. В среднем расход хлора выражается в 0,7—0,87 г на 1 м³ (0,7—0,87 мг на 1 л), а общий годовой расход достигает 600 т.

Чтобы предохранить от возможных случайностей, кроме действующего аппарата имеется всегда запасный; от батареи сосудов с хлором проведен двойной ряд труб к каждому аппарату, которые опять в свою очередь соединяются между собой, так что в случае перебоев в работе одного ряда труб всегда имеется запасная их система.

Кроме того для полнейшей гарантии регулярного водоснабжения помимо вышеописанной установки имеется запасная установка с отдельным водоводом. Таким образом исключается всякая возможность нарушения правильного водоснабжения города.

Значительная часть городов Америки, главным образом те, которые снабжаются не озерной или прудовой водой, а речной, кроме хлорирования применяют фильтрацию, которая обычно дополняется предварительным коагулированием, необходимым ввиду сильной мутности речной воды.

Коагулянт прибавляется преимущественно к твердой форме, причем грубо измельченный материал вводится в воду в определенном количестве при помощи соединенного с воронкой шнека, скорость подачи которым регулируется путем установки того или иного количества оборотов. Подобные установки имеются в Буффало, Албании, Филадельфии и др. городах.

В водных установках с особо неудовлетворительной водой еще с 1912 г. применяют предварительное хлорирование

одновременно с прибавкой коагулянта, а после фильтрации еще раз вводят хлор, но уже в меньших количествах. Подобное двойное хлорирование согласно исследованиям Кокса имеет следующие преимущества: имеется возможность употребления для питья сильно загрязненных вод, причем предварительное хлорирование дает возможность вводить избыточное количество хлора без ущерба для вкуса воды, так как при последующих коагуляции и фильтровании исчезают остатки хлора. Предварительное хлорирование кроме того способствует коагуляции, усиливая образование хлопьев при одновременном уменьшении нужной дозы коагулянта. Этот прием предохраняет также против появления водорослей в резервуарах для коагуляции и на фильтрах.

Установки для предварительного и последующего хлорирования дают неоценимую возможность в случае порчи или перебоев в одной из установок пользоваться другой установкой для обеих целей. Для этого рекомендуется устраивать взаимные соединения установок для хлорирования как между собой, так и с трубопроводом, через который происходит подача хлора как для предварительного, так и для последующего хлорирования, так что по желанию в случае необходимости при помощи любой из установок можно хлорировать как фильтрованную, так и нефильтрованную воду.

Само собой разумеется, что количество применяемого хлора зависит от качества воды. В то время как в некоторых городах общее количество хлора равняется 0,6—0,8 мг на 1 л, в городе Рочестере (штат Нью-Йорк) при введении 0,14 мг на 1 л (одновременно с прибавкой коагулянта) количество бактерий падало с 4 475 в 1 см³ в сырой воде до 13; а после фильтрации и добавочного введения 0,035 мг хлора эта цифра уменьшалась до 3 бактерий на 1 см³.

В г. Ниагаре с 1912 г. при хлорировании вводят умеренную дозу хлора, что дает хорошие результаты и способствует значительному уменьшению потребления коагулянта.

Очень тяжелые условия водоснабжения имеют место для г. Онтарио, берущего воду из озера того же названия, где состав воды в короткое время быстро меняется в зависимости от направления ветров, вследствие чего очень трудно устанавливать дозировку хлора.

В результате большой работы, проделанной химиком Говардом, в Онтарио перешли к опытам хлорирования избыточными дозами хлора с последующим дехлорированием

раствором двуокиси серы (сернистого газа — SO_2)¹, что дало хорошие результаты. В результате своих работ Говард пришел к выводам, что при наличии остатков фенола появляющийся в воде привкус иодоформа после введения увеличенных доз хлора ослабевает и даже совсем исчезает, остающийся же после этого вкус хлора уничтожается введением двуокиси серы.

Однако для устранения появляющегося привкуса фенола (карболовой кислоты) требуется определенная продолжительность контакта воды с хлором, что зависит от количества вводимого хлора. При наличии различных количеств фенола и при дозе хлора в 1,25 мг на 1 л продолжительность контакта требовалась от получаса до 7 часов. При содержании фенола в количестве 0,05 мг на 1 л и при той же дозе хлора контакт требовался в течение получаса, а при 0,1 мг фенола — в течение 2 часов. Так как обычно содержание фенола в воде значительно ниже, то получасового контакта с избыточной дозой хлора вполне достаточно для устранения привкуса фенола.

Согласно исследованиям Говарда в результате введения хлора привкус иодоформа, кроме фенола, вызывают также крезол, ксилол, анизол и гваякол, тогда как другие соединения не вызывают этого привкуса. Появление на практике привкуса иодоформа можно объяснить образованием в естественных водах гнилостных продуктов фенольного характера. При применении в таких случаях избыточного и последующего хлорирования доза потребного хлора увеличивается в 3 или 4 раза против обычного. Удаление избытка хлора двуокисью серы ведется с помощью аппаратов, подобных аппаратам для газообразного хлора.

Двуокись серы имеется в продаже в жидкой форме в стальных баллонах и извлекается из них в виде струи газа при помощи обычного регулирования ее расхода и затем введения ее в ток воды.

В проявлении привкуса играет роль концентрация водородных ионов в воде. В том случае, когда величины рН лежат значительно выше или ниже 7,7, для появления привкуса фенола опасность уменьшается.

¹ Сернистый газ, растворяясь в воде, дает сернистую кислоту ($\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$), и таким образом действие сернистого газа аналогично действию солей сернистой кислоты (Na_2SO_3), которые применяются, как указывалось выше, для дехлорирования наравне с солями серноватистой кислоты.

КОНТРОЛЬ ЗА ХЛОРИРОВАНИЕМ ВОДЫ НА ВОДОПРОВОДАХ.

Для дезинфекции воды хлором необходимо прибавлять его в таком количестве, которое обеспечило бы требуемый бактериологический эффект, не влияло бы на вкус и запах воды и не могло бы вредно отозваться на здоровье населения.

По данным Вейгельта наличие в воде 0,5—0,8 мг активного хлора смертельно отравляет взрослых рыб. Эбелин и Шредер установили, что присутствие активного хлора в количестве 0,3 мг смертельно для карпов.

Принимая во внимание, что состав воды открытых водоемов непостоянен и меняется от различных причин, не представляется возможным для источника водоснабжения установить постоянную дозу хлора, которой можно было бы пользоваться все время. Поэтому необходимо на водопроводах вести контроль за хлорированием. Контроль этот должен быть бактериологическим и химическим.

Результаты бактериологического анализа, на основании которых устанавливается потребная доза, получаются через несколько дней. Между тем за это время состав воды в водоеме может резко измениться, и доза хлора, установленная ранее, будет недостаточна. Для устранения этого недочета необходимо кроме бактериологического контроля вести и химический контроль за остаточным хлором в воде после хлорирования. Для этого дозу хлора устанавливают с таким расчетом, чтобы после получения необходимого бактериологического эффекта в хлорированной воде оставалось незначительное количество свободного хлора — в пределах от 0,03 до 0,2 мг на литр, в зависимости от контакта воды с хлором. Если это количество остающегося хлора в воде будем поддерживать постоянным, то можно быть уверенным в том, что количество прибавляемого хлора будет обеспечивать требуемый бактериологический эффект. Таким образом остаточный хлор дает возможность вести контроль за необходимой для данной воды дозировкой хлора. Получая быстро результаты химического анализа, можно, увеличивая или уменьшая количество прибавляемого хлора, поддерживать остаточный свободный хлор приблизительно на одинаковом уровне и тем самым регулировать необходимую дозировку.

Постоянный химический контроль за остаточным хлором не может вполне заменить бактериологического контроля,

который должен обязательно вестись через определенные промежутки времени для проверки результатов хлорирования.

Определение остаточного хлора в воде в количествах 0,03—0,2 мг на литр можно вести титрованием гипосульфитом, 1 см³ которого равен 0,1 мг хлора, или колориметрическим путем с применением ортотолидина или бензидина. Стандартные растворы, которыми пользуются при ортотолидиновом способе, стойки, имеют яркую окраску при наблюдении сверху цилиндров.

На Рублевской насосной станции в воде, выходящей из старого сборного резервуара, где контакт воды с хлором 10—15 минут, количество свободного хлора поддерживается на уровне 0,15—0,2 мг на литр, а в воде, вытекающей из нового сборного резервуара, где контакт около 2 часов, количество остаточного хлора колеблется в пределах от 0,05 до 0,1 мг. В Туле на Чулковской водоподъемной станции установлено держать остаточный хлор 0,06—0,07 мг.

В Чикаго воду пускают в сеть с содержанием активного хлора 0,25 мг на литр.

В Дрездене свободного хлора после хлорирования остается 0,03 мг на литр.

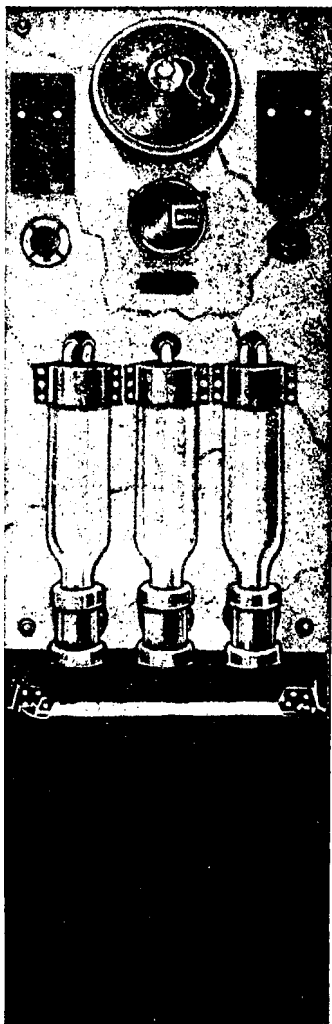
В Дрездене определение остаточного хлора ведется через каждый час. Применяется следующий способ контроля. В один литр хлорированной воды прибавляют 5 см³ раствора бензидина, отчего при наличии в воде не менее 0,03 мг хлора должно появиться яркосинее окрашивание. Во второй литр воды прибавляют 5 см³ крепкого раствора иодистого калия с прибавкой кислоты и крахмального клейстера, в результате чего не должно появиться никакого окрашивания. Чувствительность этой реакции более 0,1 мг хлора в литре. Результаты этих двух реакций дают возможность судить о наличии остаточного хлора в пределах от 0,03 до 0,1 мг.

Для определения остаточного хлора в воде на дрезденском водопроводе применен аппарат Ольшевского и Шперлинга (черт. 29), состоящий из трех цилиндров, укрепленных на мраморной доске. Емкость каждого цилиндра равна 1 л. На этой же доске помещены электрический счетчик времени, переключатель для установления периодов проб в 15, 30, 45 и На этой же доске помещены электрический счетчик времени, наблюдения и выключатель прибора из электрической сети. На обратной стороне доски помещаются водопроводные вентили и механизмы, приводимые в движение моторчиком, который в определенные периоды времени выключается и включается.

Работа аппарата состоит в следующем: через установленные промежутки времени все три цилиндра автоматически споласкиваются чистой водой, затем наполняются хлорированной, и одновременно прибавляются в них реактивы: в один цилиндр раствор бензидина, в другой — иодкалийевый реактив, в третий же никакого реактива не прибавляется. Он является контрольным. Перед окончанием операции наполнения цилиндров сигнальный звонок извещает дежурного о необходимости наблюдения за реакцией. После определенного времени цилиндры автоматически опоражниваются, и процесс повторяется вновь через установленное время. Дежурный после наблюдения отмечает время своего присутствия на контрольных часах.

В последнее время в Америке фирмой Wallace-Tiernan выпущен аппарат (черт. 30)—автоматический регистратор и контролер остаточного хлора. Он основан на ортотолидиновой пробе, которая принята как критерий для правильности хлорирования. Пробы производятся автоматически через каждые 10 минут, и остаточный хлор в обрабатываемой воде регистрируется на бумаге. Всякие колебания в струе или изменении состава воды, отражающиеся на остаточном хлоре, немедленно восстанавливаются автоматическим контролером.

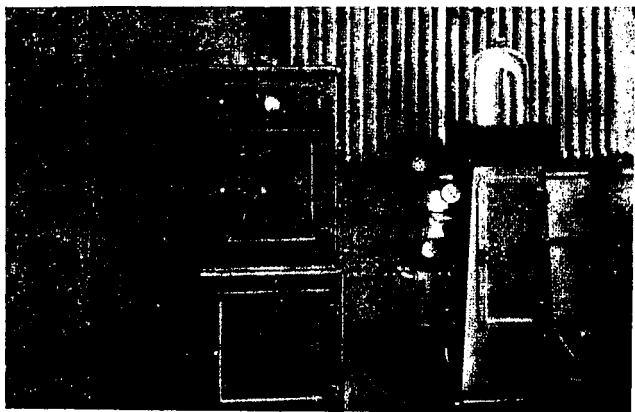
Наркомздрав РСФСР, учитывая значение хлорирования воды в деле улучшения водоснабжения, для рациональной постановки этого дела на местах, издал не только инструкции по хлорированию воды, но сов-



Черт. 29. Аппарат Олщевского и Шперлинга.

местно с ВСНХ и НКВД два циркуляра. Первый по времени издания — о проведении регулярного надзора и лабораторного контроля за центральным водоснабжением и второй — о постоянном лабораторном контроле за хлорированием питьевых и сточных вод. В этих циркулярах указывается на необходимость ведения постоянного лабораторного контроля за водопроводной водой.

В § 12 циркуляра от 4 декабря 1926 г. за № 198 говорится: «Считая, что надзор и контроль за водопроводом, его очистительными сооружениями и хлорированием составляют неперемную часть в организации центрального водоснабжения, в сметах водопроводов следует предусмотреть специаль-



Черт. 30. Автоматический регистратор и контролер остаточного хлора фирмы. Wallace-Tiernan.

ные кредиты на них по согласованию комотделов с органами здравоохранения, если этот кредит не превышает 2% бюджета водопровода». Осуществление контроля возлагается на лаборатории, имеющиеся на водопроводах или, за неимением таковых, на близко расположенные химико-бактериологические лаборатории, или на институты здравотделов.

Следует отметить, что химический контроль за остаточным хлором в воде после хлорирования можно вести только на месте, на водопроводе, поэтому для рациональной постановки хлорирования воды необходимо здравотделам организовать хотя бы небольшую элементарную лабораторию на самом водопроводе, оборудование которой крайне несложно и недорого. Для определения остаточного хлора титрованием нужно иметь:

1. Бюретку на 30 или 40 см³ с зажимом Мора и штативом.

2. 4—5 эрленмейеровских конических колб на 250 см³.

3. 2 склянки с притертыми пробками оранжевого стекла для титрованного раствора гипосульфита.

Одну емкостью 250 см³ для постоянного расходования гипосульфита и вторую на 2—3 л для запасного титрованного раствора гипосульфита. Титрованным раствором может снабжать ближайшая химико-бактериологическая лаборатория.

4. Склянку с притертой пробкой оранжевого стекла, емкостью 100—150 м³ для раствора иодистого калия.

5. Склянку белого стекла, емкостью 30—40 см³ для крахмального клейстера.

При колориметрическом определении остаточного хлора ортолидиновым способом необходимо иметь 12 стеклянных цилиндров с внутренним диаметром 2,5 см и высотой 17,5 см. На цилиндрах должна быть черта, отмечающая объем в 100 см³. Цилиндры помещаются в штативе. Несколько склянок с притертыми пробками и несколько пипеток.

Анализы определения остаточного свободного хлора шаблонны и легки, в особенности при применении колориметрического способа. Поэтому для ведения их не требуется высококвалифицированных лиц. Их может вести при контроле местной лаборатории или санврача неспециалист.

На основании циркуляра Наркомздрава от 4 декабря 1926 г. за № 198 здравотделы могут договориться с комотделами об организации таких несложных лабораторий, при помощи которых можно будет поставить хлорирование воды на должную высоту.

Насколько большое значение придают контролю за хлорированием воды за границей, примером может служить г. Чикаго, который воду для своего водоснабжения получает из озера Мичиган. Вода эта только хлорируется, не подвергаясь другим способам очистки. На 7 водопроводных станциях, подающих из озера воду в город, было сделано в 1926 г. 250 000 проб на остаточный хлор, причем в некоторые моменты пробы брались через 15 минут. Бактериологических анализов произведено 4 892 нехлорированной воды и 10 500—хлорированной.

При применении на водопроводах хлорной извести для дезинфекции воды необходимо:

1. Установить потребную дозу хлора для данной воды путем предварительного опыта с бактериологическим контролем.

2. Определив дозу, следует подсчитать, какое количество приготовленного 1—2% раствора хлорной извести необходимо прибавлять к литру протекающей в водопроводе воды, чтобы получить в ней требуемое количество активного хлора. Для этого нужно: а) определить концентрацию раствора хлорной извести, т. е. количество активного хлора в граммах на литр воды путем титрования гипосульфитом в присутствии иодистого калия, уксусной кислоты и крахмального клейстера; б) знать количество воды, подаваемой насосами на станцию в минуту. На основании этих данных произвести подсчет количества раствора.

3. Произведя подсчет расхода раствора хлорной извести, необходимо практически установить его из дозирующего бачка, пользуясь часами и градуированной посудой.

4. Вести химический контроль за остаточным хлором в воде. При изменении последнего в ту или другую сторону соответственно менять количество прибавляемого хлора с таким расчетом, чтобы количество остаточного хлора в воде после хлорирования было не менее установленного.

При введении хлора после фильтров остаточный хлор следует контролировать при выходе воды в сеть. При прибавлении хлора в отстойники следует наблюдать за водой, поступающей на фильтры. При наличии американских фильтров контроль остаточного хлора можно вести и после фильтров, увеличивая таким путем время контакта хлора с водой.

5. Необходимо производить бактериологические анализы для контроля за результатами хлорирования. Следует вести определение общего количества бактерий и coli-титра в воде до и после хлорирования.

6. Желательно вести ежедневно таблицу хлорирования воды. На основании записей будет ясна картина хлорирования. Пользуясь этой таблицей, санитарному врачу и заведующему водопроводом будет легко проверять работу лиц, ведущих хлорирование.

При использовании жидкого хлора операции с контролем упрощаются. Необходимо:

- 1) установить дозу хлора для воды;
- 2) отрегулировать хлоратор на подачу необходимого количества хлора, обеспечивающего установленную дозу;
- 3) следить за остаточным хлором химическим путем;
- 4) контролировать в определенные сроки бактериологическим анализом результаты хлорирования;
- 5) вести ежедневный таблицу хлорирования.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

ХЛОРИРОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД.

Инж. С. А. Несмеянов

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

ТЕОРИЯ ХЛОРИРОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД.

Исторические данные.

Применение хлора для целей дезинфекции отходов и стоков, могущих так или иначе передавать заразу, ведет свою историю еще с 90-х годов прошлого столетия.

Дезинфицировались стоки больниц и тому подобных учреждений.

В 1903—1907 гг. школой Дунбара было обращено серьезное внимание на эффективность обработки хлорной известью зараженных сточных вод. Распространенное в то время воззрение, что для полной дезинфекции с незначительными расходами достаточно небольшой прибавки каких-либо дезинфицирующих веществ, было подвергнуто основательной проверке, и рядом исследований (Шумахер, Шварц) установлено количественное действие различных дезинфицирующих веществ, причем хлорная известь была признана наилучшим дезинфектантом как в смысле ее бактерицидного действия, так и по экономической стоимости ее применения.

Период в 1908—1913 гг., как известно, является периодом быстрого распространения методов хлорирования питьевых вод. К этому времени относится разработка способов хранения жидкого хлора и конструирование аппаратуры для удобного введения, дозировки и смешения жидкого хлора с потоком воды. Практика водопроводного дела все больше склонялась к утверждению преимуществ при обработке питьевых вод жидким хлором перед хлорной известью или какими-либо другими препаратами хлора.

Широкое применение хлорирования питьевых вод не сопровождалось таковым же по отношению к сточным водам.

Но все же практические результаты введения хлорирования питьевых вод, выразившиеся в погашении ряда эпидемий брюшного тифа в Америке и Германии, направляли мысль гигиенистов на рациональность применения хлорирования и к сточным водам, могущим нести в себе заразные начала, и контакт которых с источниками, служащими для водоснабжения населения, возможен.

Первыми установками для дезинфекции хлором городских фекальных вод нужно считать таковые в Торонто в Канаде и в Доберитце в Германии в 1913 г. В обоих случаях применялся жидкий хлор и хлорирование было связано с механической и биологической очисткой жидкости.

С тех пор применение хлора к обработке сточных вод всего больше развилось в Америке, что объясняется ее бедностью годными для водоснабжения грунтовыми водами и необходимостью мероприятий по охране поверхностных вод от заражения.

В Германии нужно отметить большую установку хлорирования сточных вод в Лейпциге (с 1921 г.) и ряд установок в Рейнско-Вестфальской промышленной области (с 1922 г.).

Англия перешла к хлорированию только в 1916 г., когда начали хлорировать питьевые воды в Лондоне и методы хлорирования сточных вод распространены сравнительно мало.

В нашем Союзе почти каждая очистная установка для сточных вод снабжается аппаратурой для хлорирования вод хлорной известью на случай эпидемий.

Химическое действие хлора.

Действие хлора как в области питьевых, так и сточных вод было сначала изучено на хлорной извести.

Потребовалось очень немного экспериментов, чтобы перейти от дезинфекции хлорной известью к газообразному хлору.

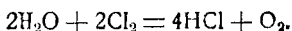
Хлор в отсутствие воды является весьма мало активным элементом. Химизм его действия на растительные и животные вещества основывается на присутствии в них воды. При наличии таковой хлор имеет сильнейшую тенденцию соединяться с водородом, причем водород соединяется с хлором тем легче, чем менее стабильно данное водородное соединение.

Реакция взаимодействия хлора с водой и окисляющимися им веществами протекает весьма сложно, через ряд про-

межуточных этапов, но в конечном результате химическое действие хлора можно представить в двух видах:

1. Непосредственное отнятие от водородсодержащих соединений водорода и замещение отщепленных атомов водорода хлором.

2. Выделение через взаимодействие с водой окисляющего кислорода.



По последней схеме хлор реагирует и с совершенно чистой водой, но реакция в этих условиях протекает весьма медленно, так как вода сама по себе является устойчивым соединением; при этом мы знаем, что свет оказывает на реакцию ускоряющее влияние.

Если же в воде находятся вещества менее устойчивые, чем она сама, то хлор реагирует прежде всего с ними.

Чем менее стабильно находящееся в воде реагирующее с хлором вещество, тем скорей реакция идет по первому пути; и наоборот, чем более оно стабильно, тем полнее совершается реакция по второму пути, через отнятие водорода от воды.

Таким образом свое действие хлор проявляет двояко: или прямо отнятием водорода от реагирующего вещества или образованием O_2 из H_2O . При соответствующих условиях температуры, света и характера хлорируемых веществ образуются различные побочные продукты, как HClO и HClO_2 , которые в свою очередь, отдавая O_2 , окисляют вещества воды.

Все эти реакции имеют место при соприкосновении хлора с водой и находящимися в ней в самых разнообразных количествах и комбинациях различными веществами и создают весьма сложную картину взаимодействия.

В общем и целом химическое действие хлора можно охарактеризовать как окисляющее.

На скорость реакции окисления хлором кроме света, температуры и химического средства в большой степени влияет раздробленность веществ. Нужно ожидать, что при прочих равных условиях хлор будет в первую очередь связывать газы, затем жидкости и растворенные в них вещества и затем уже взвешенные вещества. Если представить себе примеси воды состоящими из растворенных в ней веществ и газов (главным образом H_2S), взвешенных веществ крупных и мелких и бактерий, то в зависимости от степени раздробленности этих примесей можно наметить такой порядок их взаимодействия с хлором: в первую очередь газы, затем рас-

творенные вещества и последовательно бактерии и мелкие и крупные взвешенные вещества, имеющие наименьшую поверхность. Эта упрощенная схема конечно может сильно осложниться явлениями химического сродства хлора к различным веществам. Кроме того ввиду отсутствия еще полной выясненности в механике бактерицидного действия хлора, место бактерий в упомянутом ряду надо считать спорным.

Не надо представлять себе порядок реакции и таким образом, что до тех пор, пока хлор не прореагирует с одной фазой примесей, его действие не распространяется на другие, так как очевидно хлор взаимодействует со всеми видами примесей одновременно и только скорость реакции для различных фаз весьма различна.

Из всего этого вытекает избирательная способность хлора по отношению к веществам, входящим в состав сточных вод.

Ясное понимание теории действия хлора на вещества сточной воды дает много материала для практического пользования хлором для обработки сточных вод.

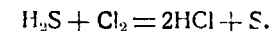
Уничтожение запаха сточных вод хлорированием.

Запах сточных вод зависит главным образом от наличия в них сероводорода, развивающегося в процессе восстановления сернистых соединений, находящихся в воде и выделяющихся в воздух.

Скорость, с которой хлор реагирует с газами вообще и с H_2S в частности, позволяет использовать его в качестве дезодоратора сточных вод, с очень малой его дозировкой.

Дезодорирование сточных вод хлором можно вести практически почти мгновенно и не затрагивая хлорированием остальных примесей сточных вод и таким образом расходовать хлор почти только на разрушение H_2S .

Реакция хлора с сероводородом протекает с большой скоростью по следующему уравнению:



В составе фекальных сточных вод содержание H_2S редко достигает 12 мг в литре. Но не весь содержащийся в воде H_2S является причиной распространяемого ею запаха, а только та его часть, которая улетучивается в воздух. Судя по тому, что для ясного ощущения запаха достаточно тысячной доли процента присутствия H_2S в воздухе, очевидно количество H_2S , выделяющееся в воздух, весьма незначительно.

Если бы нам нужно было разрушить весь H_2S сточной воды, то стехиометрический подсчет показывает, что для этого, при содержании H_2S в количестве 12 мг в литре, необходимо было бы ввести хлора до 25 мг на литр. Но так как причиной запаха является только незначительная часть H_2S , содержащегося в воде, то практически для дезодорации нужны гораздо меньшие дозы. Смотря по тому, насколько глубоко нужно в воде произвести разрушение H_2S , следует изменять и дозы хлора. Практикующиеся дозы колеблются в зависимости от состава и состояния воды от 2 до 8 мг на литр. Вероятно кроме H_2S хлором уничтожаются и другие газы, выделяемые сточными водами и причиняющие запах, но исследований в этой области пока не имеется.

Бактерицидное действие хлора в сточных водах.

Если скорость реакции хлора с H_2S протекает практически почти мгновенно и первые дозы введенного хлора идут почти исключительно на разрушение H_2S , то для более глубокого воздействия хлора на вещества воды, имеющие меньшую скорость окисления хлором, требуются уже в зависимости от желаемой степени глубины этого воздействия и большие дозы хлора, и некоторое время контакта воды с хлором.

Является ли бактерицидное действие хлора в воде только следствием его окислительных свойств или еще каких-либо, нельзя считать окончательно установленным. Во всяком случае таковое находится в зависимости и от количества введенного хлора и от времени контакта. Тот упрощенный взгляд, что для умерщвления всех бактерий в воде достаточно ввести в нее незначительное количество дезинфицирующего вещества, теперь является уже давно устаревшим. Мы знаем, что бактерицидное действие любого дезинфицирующего вещества является функцией, зависящей от его количества, качества, времени его полного контакта с водой, от характера его взаимодействия с посторонними входящими в состав воды веществами, температуры среды и т. д. Все это относится и к хлору.

Наличие света как будто интенсифицирует его деятельность. Правда, практически это не имеет значения.

Чем большее количество легко окисляющихся примесей находится в воде, тем менее действие хлора распространяется на бактерий, так как он расходуется на эти примеси. Сами по себе бактерии весьма чувствительны к действию хлора,

и чем меньше в воде находится посторонних способных связывать хлор веществ, тем меньшие дозы его нужны для дезинфекции воды.

Для иллюстрации бактерицидного действия хлора и его зависимости от дозы хлора в сточных водах приводим результаты опытов различных исследователей этого вопроса.

Брунс и Шпрингфельд (1910—1912 гг.) производили свои опыты с фекальными сточными водами, предварительно очищенными отстоем. Контакт хлора с водой— $1\frac{1}{2}$ часа; сырая вода содержала от 2 до 16 млн. бактерий в 1 см^3 . Результаты опытов они сводят в следующую таблицу:

Доза активного хлора, введенного в виде хлорной извести (мг/л)	Уменьшение числа бактерий, растущих при 22° в течение 48 часов на желатине в процентах
60—70	99,98
40—47	99,9
30—35	98,1

Дунбар дает следующую таблицу (по работе Шварца) уменьшения числа зародышей при различных примесях хлорной извести. Контакт во всех случаях одинаковый.

Концентрация хлорной извести	Число зародышей в 1 см^3		Приблизительный пересчет на активный хлор мг/л	Уменьшение бактерий в процентах
	До дезинфекции	После дезинфекции		
1: 2 000	1 350 000	15	125	99,99
1: 5 000	1 350 000	23	50	99,99
1:10 000	1 350 000	36	25	99,99
1:20 000	1 350 000	72	12,5	99,99
1:30 000	1 350 000	3 620	8,3	99,73
1:40 000	1 350 000	59 000	6,2	95,7

Последние две графы подсчитаны нами для возможности сопоставления этой таблицы с другими. В предпоследней графе количества активного хлора высчитаны из предположения 25% содержания активного хлора в хлорной извести.

Из опытов Баха в 1919--1922 гг., произведенных уже не в лабораторной обстановке, а на опытных очистных установках в Эссен-Франхаузене и Реллингхаузене, можно составить следующую таблицу:

Доза хлора мг/л	Общее уменьшение бактерий в процентах	
	При обработке неотстоянной воды	Отстоянные воды
10	—	80
15	80	98
20	99	99,8
25	99	—

Контакт хлора с водой — полчаса. Цифры, даваемые Бахом, представляют средние данные произведенных многочисленных наблюдений над работой опытных установок.

Различный абсолютный эффект действия хлора в опытах Брунса, Баха и Шварца объясняется несомненно различным составом вод, с которыми они оперировали.

Как можно заключить из приведенных таблиц, полной стерилизации вод с помощью только очень больших доз хлора достигнуть весьма трудно. Кривая уменьшения бактерий до 96—98% поднимается весьма круто, а затем становится пологой.

Для характеристики влияния времени контакта хлора с водой на уничтожение бактерий в ней воспользуемся опытами Фельпса (1909 г.) хлорирования биологически очищенных сточных вод (см. табл. на стр. 116).

В общем таблица дает ясное представление, как в первое время действие хлора оказывается наиболее сильным и как оно по времени замедляется.

В сточных водах миллионы встречающихся в ней бактерий в своем подавляющем большинстве представляют безвредные виды.

Но так как обычной целью дезинфекции является уничтожение болезнетворных бактерий, то общее уменьшение

Из миллиона бактерий после дезинфекции 5 мг Cl на 1 л. осталось бактерий

Д а т а	После контакта			
	В течение 10 минут	В течение 15 минут	В течение одного часа	В течение двух часов
6 августа	—	1 100	160	150
9 »	2 500	190	58	7
10 »	10 000	270	—	40
11 »	3 500	570	154	100
14 »	47 000	1 100	700	570
15 »	4 200	2 0	120	120
16 »	1 200	240	160	130
17 »	9 800	8 0	260	150
20 »	400 000	12 000	7 000	5 500
21 »	28 000	2 100	1 300	1 000
23 »	1 300	230	110	31
Среднее количество	50 000	1 700	950	700
Процент уменьшения количества бактерий	95	99,83	99,9	99,93

бактерий еще может и не характеризовать уменьшения именно таковых. Дунбаром в 1907 г. было высказано мнение, что болезнетворные микроорганизмы, являясь менее стойкими, погибают под действием хлора в большем количестве, нежели сапрофитные виды.

Это мнение в общем и целом было подтверждено всеми позднейшими исследованиями и достаточно крепко укоренилось среди гигиенистов.

Как же далеко нужно вести хлорирование на практике?

Этот вопрос разрешается прежде всего в зависимости от степени опасности данного стока в отношении могущей быть им распространенной инфекции и возможности контакта его с водоемами общественного пользования.

Каждый данный состав сточных вод требует самостоятельной серии опытов, выясняющих наилучшие комбинации дозировки хлора и времени его контакта для достижения желаемого эффекта дезинфекции.

Дунбаром также высказано положение, что достаточно довести дезинфекцией уменьшение общего количества бактерий в сточных водах до 95—96%, чтобы практически достигнуть уничтожения возбудителей тифа, дизентерии, холеры или им подобных.

В общем и целом этим положением до сих пор руководствуются американские и немецкие гигиенисты.

Практические пределы доз хлора для целей дезинфекции сточных вод колеблются от 8 до 60 мг активного хлора на литр.

Влияние хлорирования на загниваемость сточных вод.

Если бы мы графически изобразили скорость поглощения хлора сточной водой после его введения, то получили бы кривую, сначала круто поднимающуюся кверху, а затем постепенно становящуюся все более пологой. Это значит, что в первые моменты скорость наибольшая.

В первые 5—10 минут поглощается главная масса введенного хлора, расходуящегося на легко окисляемые примеси воды. По мере их окисления скорость реакции замедляется, и хлор производит более глубокое взаимодействие с труднее окисляющимися соединениями.

Для окисления органических примесей воды потребовалась бы его доза для средней концентрации сточных вод, исходя из цифр необходимого кислорода для окисления сточной жидкости по Кубелю от 350 до 450 мг хлора на литр: Мы знаем, что при биологической очистке кислорода потребляется во много раз больше, чем его требуется для окисления по Кубелю.

Исходя из того, что хлор, так же как и биологическая очистка, действует на сточную воду в общем окисляюще, можно было бы надеяться на возможность полной замены биологической очистки хлорированием. Для того чтобы разобраться в этом вопросе, нужно представить себе процесс поглощения хлора водой. Если мы возьмем ряд порций воды и будем их обрабатывать последовательно все увеличивающимися дозами хлора, то в порциях с малым его количеством мы будем наблюдать быстрое исчезновение хлора; чем больше доза хлора, тем медленнее будет исчезать из раствора свободный хлор. При двухчасовом контакте сточная вода средней концентрации поглощает хлора 20—25 мг на литр. Эта цифра представляет приблизительно одну двадцатую того количества хлора, которое нужно было бы для окисления жидкости по Кубелю. Таким образом вследствие замедленности реакции окисления хлором тех веществ, которые при помощи биологических агентов окисляются весьма полно и быстро, довести до конца, оставаясь в пределах экономических возможностей, реакцию окисления хлором воды необычайно трудно.

В 1920—1923 гг. Бахом в ряде опытов показано, что со значительно меньшими дозами хлора, чем это требуется для полного окисления сточных вод, можно сделать воду незагнивающей.

Что сточная вода, до тех пор пока в ней имеется свободный хлор, не может загнить, это совершенно ясно, но Бах показал, что и после того, как свободный хлор в ней совершенно поглощен и жидкость вновь заражена гнилостными бактериями, при достаточной дозе хлора, жидкость становится незагнивающей.

Свои опыты он проводил следующим образом.

Ряд порций сильно концентрированных домовых вод он подвергал обработке хлором дозами в 30 и 40 мг. После исчезновения в них всего активного хлора он заражал порции разводками гнилостных бактерий и в течение девяти суток не наблюдал процессов загнивания жидкости.

Те же результаты он получил и в том случае, если хлорированную и после зараженную гниющим илом воду он разводил в несколько раз речной водой.

Бах дает следующее объяснение этому явлению.

Хлор убивает большую часть бактерий, производящую гниение жидкости, и производит некоторое нарушение в структуре веществ, подвергающихся гниению. Это одно в состоянии объяснить значительную задержку в развитии гнилостных процессов, так как для нового размножения гнилостных бактерий требуется время.

Кроме того действие хлора на органические вещества сопровождается образованием хлористых органических соединений (хлороформ, хлорамины), являющихся, так же как и хлор, дезинфицирующими веществами. Этим вызывается дальнейшая задержка загниваемости в воде.

В некоторых случаях Бах наблюдал отсутствие загниваемости у сточных вод, обработанных хлором в течение двух недель.

Таким образом он считает, что воды, загниваемость которых отодвинута на такой долгий срок, практически могут считаться незагнивающими.

Изменение физико-химических и биохимических свойств сточной воды при хлорировании.

Тильманс (1922 г.) наблюдал изменения органолептических, физических и химических свойств сточной воды при ее обработке газообразным хлором.

Обработанная хлором вода в момент хлорирования сопровождается некоторым быстрым изменением цвета и затем длительно сохраняет его неизменным, длительно сохраняет неизменным и цвет осадка, в то время как необработанная вода медленно темнеет, мутнеет и окрашивает свой осадок в темный, иногда черный цвет. Запах обработанной воды сохраняет свежий запах сточной воды до нескольких дней. Сначала примешивается некоторый химический запах, однако быстро исчезающий. Необработанная вода быстро начинает издавать гнилостный запах.

Прозрачность обработанных вод незначительно выше таковой необработанных. H_2S в обработанных водах появляется значительно медленнее.

Тильманс констатировал значительное увеличение стойкости воды в пробах с метиленблау, значительное в зависимости от дозы хлора замедление восстановления искусственно вводимой HNO_3 .

Все исследователи устанавливают весьма малое уменьшение окисляемости воды при ее хлорировании обычными дозами.

ГЛАВА ВТРАЯ.

ПРАКТИКА ХЛОРИРОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД.

Из всего вышеизложенного мы можем установить те основные функции, которые может выполнять хлор в технике обработки сточных вод. Таковыми являются бактерицидное его действие, уничтожение запаха вод и задержка развития гнилостных процессов в воде.

Дезинфекция стоков хлором.

На вопрос о том, в каких же случаях следует производить дезинфекцию стоков хлором, должны прежде всего отвечать органы здравоохранения.

Во всех случаях, где имеется опасность прямого или косвенного заражения людей или животных через патогенные начала, содержащиеся в сточных водах, необходимо производить их дезинфекцию. В настоящее время хлорирование считается наилучшим методом дезинфекции сточных вод. Если возможность заражения от тех или иных стоков носит не постоянный, а периодический характер, то и хлорирование рационально вести, по основательному исследованию на ме-

сте, периодически. Во всяком случае в практику наших санитарно-технических мероприятий вошло как правило устанавливать при любом очистном сооружении для фекально-хозяйственных сточных вод аппаратуру для возможности их хлорирования на случай развития эпидемий. При этом практика исходит из того соображения, что если за много лет установка аппаратуры для дезинфекции поможет хотя бы только один раз погасить развившуюся эпидемию, то произведенные затраты будут оправданы.

Хлорирование находит себе постоянное применение в деле дезинфекции сточных вод заразных отделений больниц и некоторых фабрично-заводских предприятий, как бойни и боевские предприятия, кожевенные заводы и т. п., стоки которых богаты органическими веществами и могут содержать заразу.

Дезинфекция может оказаться нужной как для стоков, не подвергаемых никакой другой обработке, так и подвергаемых механической или биологической очистке. Во многих случаях констатировано в водах, прошедших через основательную биологическую очистку, наличие болезнетворных микроорганизмов; биологическая очистка не может гарантировать невозможность распространения эпидемий через очищенные воды.

В тех случаях, когда хлорирование ведется со сточными водами без связи с очисткой их, то при осуществлении его предусматривается правильная дозировка хлора или хлорных препаратов, достаточное смешение воды с хлором и некоторое необходимое время контакта.

Дозы хлора и время контакта, нужные для достижения необходимого бактерицидного эффекта, в каждом данном случае должны определяться опытным путем по уменьшению бактерий и скорости связывания свободного хлора.

Практической нормой для дозы хлора, подтвержденной многочисленными авторами, является введение в сточную воду такого количества хлора, чтобы по прошествии одного-двух часов вода еще содержала некоторое небольшое количество активного хлора (0,3—0,5 мг). В этом случае общее уменьшение бактерий не падает ниже 96—98%.

Хлорирование может производиться и хлорной известью и газообразным хлором.

В случае, если хлорирование производится в связи с биологической очисткой, вопрос о месте хлорирования в системе очистной установки почти без исключения решается в пользу хлорирования стоков после прохождения ими биологической очистки. Так как биологически очищенные воды освобож-

дены от большей части взвешенных веществ, H_2S , и хлоропоглощаемость их значительно уменьшена, то бактерицидное действие хлора будет проявляться в них с большей силой, что имеет следствием возможность уменьшения доз хлора.

Но к вопросу о месте хлорирования сточных вод, очищаемых только механически, следует подходить осторожно. Моментом, весьма сберегающим хлор, является хлорирование вод в возможно свежем, незагнившем состоянии. Быстрое образование в воде сероводорода при ее стоянии, в особенности в водах, богатых сульфидами, значительно увеличивает хлоропоглощаемость воды и следовательно заставляет прибегать к большим дозам хлора для достижения нужного бактерицидного эффекта.

По Орнштейну на установке в Далласе (Техас) например хлоропоглощаемость воды, входящей в эмшерский колодец, была на 30—75% ниже, нежели воды, выходящей из него. Также в Марлине (Техас) констатировано увеличение хлоропоглощаемости воды при прохождении им эмшеров на 100—200%.

Таким образом возможны случаи, когда, несмотря на то, что вода при отстое теряет большую часть взвешенных веществ, ее хлоропоглощаемость вследствие загнивания значительно увеличивается.

Имгоф рекомендует вводить в таких случаях хлор или между двумя отстойниками или в середине пути воды по отстойнику.

В Америке имеют место, именно в силу этого обстоятельства, устройства с двойным хлорированием.

Так например в Шенектеди первое хлорирование незначительными дозами хлора производится до поступления воды в отстойник. Назначение этой операции — задержать за время отстоя процессы восстановления и загнивания в воде. Вполне достаточной оказалась для этого доза хлора в 4—6 мг/л. После отстоя жидкость подвергается вторичному хлорированию уже для нужного обезвреживания жидкости нормальными дозами хлора. По сообщению Морриса Кона в целом достигается существенное уменьшение количества потребного хлора.

Вопросом о том, насколько хлорирование перед поступлением в эмшерский колодец влияет на перегнивание в нем осадков, занимались различные исследователи, и во всех случаях нормального нечрезмерного дозирования хлора неблагоприятного влияния не было замечено.

Количество необходимого для достаточного бактерицидного действия хлора следует, как уже говорилось, определять

непосредственно экспериментально. Всякие дозы, взятые из опыта других установок, могут оказаться непригодными. Средние дозы, употребляемые в Германии — 10—30 мг/л. Установка в Доберитце употребляет хлора 16 мг/л. В результате опытов в «Эмшергеноссеншафт» в 1919—1922 гг. были выработаны следующие нормы количества хлора:

- а) сырая неосветленная вода 25—30 мг/л.
- б) вода, отстаиванная в течение часа 15—20 »
- в) хорошо осветленная вода 10—15 »

Если вода загнила, то часть хлора идет на разрушение H_2S , и для дезинфекции требуются более высокие дозы. Дозы хлора, употребляемые на установках в Лейпциге (хлорирование после отстоя), 20—30 мг/л. Уже из этого разнообразия приведенных цифр видно, что каждые воды требуют индивидуального подхода в смысле дозировки.

Хлорирование взамен биологической очистки.

Бахом в 1921 г. выдвинут новый принцип употребления хлора для известной замены биологической очистки.

Мы уже установили, что Cl разрушает H_2S , задевая при этом несомненно и серу органических соединений, убивает бактерии, образует хлористые органические соединения, действующие также дезинфицирующе, окисляет некоторую часть органических соединений и таким образом задерживает развитие гнилостных процессов. Эта задержка может быть сделана очень большой. Опыты Баха показали, что и в том случае, если обработанная хлором вода смешивается с речной водой, загниваемость смеси задерживается на несколько суток.

Очевидно, то же происходит и в практических условиях, когда хлорированная вода смешивается с водой источника. Та задержка загниваемости, которая происходит в воде вследствие хлорирования, достаточна, чтобы дать перевес в водоеме развитию аэробной флоры над развитием анаэробной.

Таким образом хлорирование сточных вод является фактором, способствующим более интенсивной самоочистке того водоема, куда они спускаются, и при его помощи до известной степени можно регулировать самоочистительную способность водоема.

Дезинфицирующее действие хлора и его производных в жидкости прекращается, как только она будет достаточно разбавлена водой водоема.

Поэтому момент биологической переработки органических веществ воды отодвигается в реке от места непосредственного ее спуска дальше до тех пор, пока сточная жидкость не будет в достаточной мере разбавлена речной, и тогда развитие анаэробов будет подавлено аэробами.

Дозы хлора при этом в общем колеблются около доз дезинфекции. При такой установке, даваемой Бахом, хлорирование превращается в некоторый самостоятельный метод очистки сточных вод.

Возможно полное удаление взвешенных веществ до хлорирования, с условием недопущения загнивания жидкости, естественно усиливает эффективность этого метода.

Ряд этого типа установок осуществлен в настоящее время в Рурской области, и работает большая установка в Лейпциге.

Мидер сообщает, что в результате начала хлорирования стоков из эмшерских колодцев, очищающих сточные воды города, река Эльстер стала значительно лучше справляться с вводимыми в нее загрязнениями; отсутствует чувствовавшийся ранее запах. Количество бактерий после спуска хлорированных стоков не только не увеличивается, но значительно уменьшается.

Прекратилось имевшее раньше место образование грибов. Хотя, с другой стороны, Кюн не особенно доволен результатами лейпцигского хлорирования. Он констатирует, что оно не приносит значительной пользы водоему, так как загниваемость не уничтожается, а только отодвигается несколько дальше.

Может ли хлорирование полностью заменить биологическую очистку? Несомненно не может, хотя и является рычагом, которым до известной степени можно регулировать процессы самоочищения в реке.

Вид хлорированной воды такой же мутный, как и нехлорированной. Все наличие органических веществ, содержащихся в сточных водах, остается и в обработанных хлором. При хлорировании таким методом мы только перекладываем ту работу, которую сделала бы биологическая очистка, на реку. Поэтому во всех этих случаях самоочищающая сила водоема должна быть достаточно учтена.

Другие области применения хлорирования в технике обработки сточных вод.

Мы уже говорили, что хлорирование может быть весьма рационально использовано для целей уничтожения запаха сточных вод.

Иногда, когда вследствие ли специфического состава сточных вод или неправильностей в устройстве канализации или по другим причинам канализационная жидкость издает сильный запах и очистное сооружение находится вблизи жилых построек, прекрасным средством борьбы с этим явлением может быть хлорирование. Этот метод применяется в Эссен-Реллингхаузене. Здесь вследствие поступающих в установку гниющих, вонючих вод запах распространялся не только вблизи установки, но и в окрестностях. Особенно это явление имело место в летние месяцы. В сентябре 1920 г. было введено хлорирование. Доза хлоры — 4 мг/л. Этим путем запах был устранен.

Позже хлорирование с этой целью применялось Эмшергеноссеншафт в Рауфеле, где хороших результатов достигли при дозировке в 8 мг/л.

В Америке этот метод пользуется общим признанием. Eddy рекомендует применять хлорирование крепкими короткими повторными дозами для сточной жидкости перед поступлением ее на биологический фильтр для уничтожения развивающихся иногда в большом количестве мух *Psychoda*. Деятельность биологического фильтра при этом не нарушается.

Винг и Вильямс применяли хлорирование для уничтожения грибных налетов на фильтрах-окислителях.

Кон употреблял хлор для уменьшения пенообразования в эмшеровских колодцах.

Нельзя не упомянуть об опытах Орнштейна с усилением действия хлорирования при помощи введения одновременно с хлором в обрабатываемую воду солей меди в очень незначительных количествах. При этом бактерицидное действие хлора усиливается весьма значительно.

Орнштейн сконструировал аппарат для одновременной дозировки хлора и медной соли (обычно CuCl_2).

Опрыскивание хлорной водой гниющих, вонючих осадков задерживает распространение ими запаха.

Употребление хлорной извести и газообразного хлора.

Если вместо газообразного хлора употребляются гипохлориты, как хлорная известь, гипохлорит натрия и т. д., то химизм действия активного хлора отличается от действия элементарного хлора. Прямое отнятие водорода от веществ здесь уже не имеет места, и действие проявляется в выделении O_2 .

В хлорной извести активна только половина содержащегося в ней хлора. Лучшими, чем хлорная известь, являются чистые гипохлориты кальция или натрия; они выделяют вдвое больше активного хлора, нежели хлорная известь. В Германии некоторым распространением пользуется чистый кальциевый гипохлорит, так называемый «Сарорит».

Как наша, так и заграничная практика, использует для хлорирования вод как газообразный хлор, так и гипохлориты, а в подавляющем большинстве случаев хлорную известь.

До сих пор не установлено резкой качественной разницы как в бактерицидном, так и в окисляющем действии между хлорной известью и газообразным хлором.

Но различные практические недостатки хлорной извести направили внимание исследователей еще с первого десятилетия настоящего столетия на отыскание лучших носителей хлора, которые сначала предполагались в виде высокосодержащих хлор гипохлоритов, как чистый кальциевый или натриевый гипохлориты. К недостаткам хлорной извести нужно отнести следующее:

1. Содержание активного хлора в хлорной извести не превосходит 40%, остальные 60% являются балластом.

2. При растворении хлорной извести в воде образуется осадок, задерживающий в себе значительные количества активного хлора.

3. Образующийся осадок является причиной частого засорения труб и кранов, вводящих в воду раствор хлорной извести.

4. Хранение хлорной извести довольно затруднительно, так как требует особо оборудованных помещений, иначе она теряет значительные количества активного хлора.

Более чистые гипохлориты обладают всеми этими недостатками в меньшей степени, но все же обладают.

Всех этих недостатков лишен газообразный хлор. Его использование происходит полностью без образования осадков. Разработанные способы его хранения в стальных баллонах обеспечивают возможность его весьма длительного хранения. Его дозировка, правда, требует довольно сложной аппаратуры, но совершается очень удобно и значительно точнее, чем таковая хлорной извести.

Поэтому в деле очистки сточных вод при их хлорировании следует стремиться к употреблению газообразного хлора преимущественно перед хлорной известью. Но несомненно это отнюдь не значит, что при необходимости хлорировать те или иные стоки и при затруднениях с установкой аппаратуры хлорирования газообразным хлором

следует отказываться от применения хлорной извести. В некоторых, особенно маленьких установках, хлорная известь может оказаться даже более рентабельной, чем газообразный хлор.

Аппаратура хлорирования.

Аппаратура, употребляемая для хлорирования сточных вод, та же самая, что и для питьевых вод.

Для дозировки газообразного хлора употребляются хлораторы Орнштейна, Ремесницкого, Парадона и др. Употребляемые смесители и контактные бассейны также переносятся из практики хлорирования питьевых вод.

Контроль за хлорированием.

Постоянный контроль за процессом хлорирования сточных вод необходим как в силу того, что он один в состоянии установить точно дозировку и необходимое время контакта, так и в силу того, что увеличенная дозировка, а это может легко случиться при отсутствии контроля, способна причинить некоторый вред водоему, куда спускаются хлорированные воды, в смысле губительного действия на его флору и фауну.

Сточные воды меняют по времени года, сезонов и суток свое количество и состав. Вследствие этого дозировка должна изменяться и отвечать не только изменению количества стоков, но и их составу.

Контроль может значительно сберечь расходуемое количество хлора. Он должен опираться на установление количеств остаточного хлора в воде в различные моменты прохождения ее через установку и учет бактериологического эффекта хлорирования. Кроме того часто бывает важен и учет воздействия хлорированных стоков на водоем, в который они поступают.

Все перечисленные области применения хлора на практике — дезинфекция и дезодорация сточных вод, уничтожение мух и налетов на биологических фильтрах и т. д. — отчасти уже находят, отчасти должны найти себе применение в условиях нашей страны.

Что касается вопроса о применении хлора как самостоятельного способа обработки стоков, то ввиду еще многих неясных сторон в практике и теории этого дела к разрешению его следует подойти осторожно.

Несомненно этот метод нужно рассматривать только как паллиативный, помогающий до известной степени водоему самостоятельно справиться с вносимыми в него загрязнениями.

Разница между ним и биологическим методом характеризуется тем обстоятельством, что, в то время как биологический метод может свести добавочную нагрузку от сточных вод на самоочистительную работу водоема почти до нуля, при методе хлорирования эта нагрузка не может быть уменьшена ниже некоторой достаточно значительной величины, определяемой суммой содержащихся в сточной воде дезинфицированных органических веществ.

Таким образом применение хлорирования сточных вод как самостоятельной обработки их должно основываться на учете как самоочистительной способности водоема, так и величине того загрязнения, которое будет внесено в него дезинфицированными стоками.

Эта сторона вопроса еще должна подлежать серьезному изучению.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ИНСТРУКЦИЯ РАБОТАЮЩИМ ПРИ ХЛОРАТОРАХ НА РУБЛЕВСКОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ МОСКВОРЕЦКОГО ВОДОПРОВОДА.

Обязанности: а) наблюдение за правильной работой хлораторов в обоих сборных резервуарах; б) производство анализов воды, взятой из резервуаров, на предмет определения содержания в ней хлора; в) регулировка доз хлора соответственно количеству воды, поступающей в сборные резервуары; г) учет расхода хлора; д) учет поступления воды в резервуары; е) включение хлораторов в работу и выключение их при замеченных неисправностях; ж) составление месячных отчетов по хлорированию; з) ведение журналов по хлорированию; и) приготовление реактивов и посуды для анализов.

При выполнении вышеуказанных обязанностей дежурные при хлораторах производят непрерывные обходы хлораторных помещений и камер труб в обоих сборных резервуарах.

Обходы должны производиться не менее четырех раз в смену, а в случае надобности и каждый час.

При обходе должны списываться показания приборов у хлораторов и водомеров, уровни воды в резервуарах по рейкам, кроме того должны производиться взвешивания работающих баллонов, браться пробы воды для анализов и производиться проверка работы аппаратов.

Время снятия показаний аппаратов, время производства взвешивания баллонов, взятия проб воды и показания счетчиков у водомеров должно регистрироваться особенно точно, так как от этого зависит точность определения фактических доз хлора.

Дежурные обязаны наблюдать за температурой в хлораторных помещениях. Температура в хлораторных помещениях должна поддерживаться от 15 до 20°. От температуры

в хлораторных помещениях зависит давление хлора в баллонах, какое не должно превышать 6 атмосфер.

Давление в работающих баллонах наблюдается по манометрам на аппаратах.

Падение давления в баллонах при нормальной температуре в помещениях указывает на уменьшение количества хлора в баллонах. Когда давление в работающих баллонах понизится до $1\frac{1}{2}$ атмосферы, таковые должны выключаться из работы и вместо них включаться новые баллоны.

Если манометр, при полном или частично сработанном баллоне, показывает уменьшенное давление, то это часто может происходить от засорения подводящих газ трубок, вентиля и т. д. В данном случае дежурный должен вызывать слесаря для осмотра и ремонта аппарата.

Давление после редукционного клапана должно быть не более 1—1,2 атмосферы. Повышение этого давления против нормы обыкновенно указывает на повреждение редукционного клапана или манометра; понижение же давления указывает на засорение пускового вентиля или редуктора. В обоих случаях дежурный обязан выключить аппарат из работы, включить запасный аппарат и вызвать слесаря для ремонта поврежденного аппарата.

Понижение давления воды может быть и вследствие падения давления в водоводах; поэтому для выяснения причины понижения давления справиться по телефону в машинном здании — нет ли каких-либо изменений в подаче воды, и если окажется, что машины работают нормально, следует вызвать слесаря для осмотра аппарата. Кроме того падение водяного давления может быть следствием засорения трубок, подводящих воду к аппарату. В этом случае также должен немедленно вызываться слесарь.

Если потребуется прекратить хлорирование какой-либо половины сборных резервуаров, соответствующая половина сборного резервуара немедленно должна быть выключена из работы.

Для выключения из работы какой-либо половины сборных резервуаров дежурные при хлораторах вызывают на помощь дежурных с фильтров.

При выключении из работы одной половины сборного резервуара соответственно увеличивается подача хлора в остающуюся в работе половину резервуара.

Дежурные при хлораторах должны наблюдать, чтобы в хлораторных помещениях не ощущалось присутствия хлора. В случаях обнаружения присутствия хлора в помещении для хлораторов или на складе баллонов, дежурные должны при-

нять меры предосторожности от возможного отравления себя хлором, т. е. надеть противогазовые маски, пустить в работу вентилятор и воду в скруббер и, войдя в помещение, попытаться с помощью аммиака (нашатырного спирта) обнаружить место утечки газа и выключить соответствующий аппарат или баллон из работы.

Выключение баллонов или аппаратов из работы производится помощью закрывания пусковых вентилей как на баллонах, так и на хлораторах.

Работа по перестановке баллонов, по включению их и хлораторов в работу, должна производиться в противогазовых масках.

Баллоны, находящиеся на весах, должны помечаться яркой краской о времени включения в работу. Также краской должны помечаться и пустые баллоны.

Дежурные при хлораторах не имеют права самостоятельно производить следующие операции:

- а) переключение, включение и перестановку баллонов;
- б) регулировку аппаратов кроме регулировки подачи хлора помощью пускового вентиля.

Вызов технических работников производится в следующих случаях:

- а) при обнаружении утечки газа,
- б) при изменении против нормы показаний в манометрах,
- в) при повреждениях в указателях расхода хлора,
- г) при обнаружении неисправностей в работе вентиляции или полной ее остановки,
- д) при уменьшении или прекращении подачи воды в смеситель,
- е) вообще во всех случаях, когда нарушается правильная автоматическая работа аппаратов хлорирования.

Дежурные рабочие с фильтров могут быть вызываемы для закрывания или открывания задвижек при включении или выключении из работы какой-либо половины сборных резервуаров.

О всех повреждениях в аппаратах, требующих вызова слесаря, дежурные обязаны доводить по телефону до сведения заведующего фильтрами или его заместителя.

Обход хлораторных помещений и камер сборных резервуаров должен производиться в следующем порядке:

1. В новом сборном резервуаре списываются: показания счетчиков-водомеров, уровня воды по водомерным рейкам или стеклам, берутся пробы воды из трубок, отводящих ее из резервуаров в машинное здание, и при приходе в лабора-

торию делают определения содержания остаточного активного хлора.

Во время списывания показаний должны проверяться работы аппаратов; списываться давления по манометрам, производиться взвешивание работающих баллонов и записываться температура помещений. Все полученные данные вместе с подсчетами доз хлора должны заноситься в чистовой журнал.

В случае, если доза хлора окажется несоответствующей заданию, дежурный обязан сейчас же произвести изменение в подаче хлора в ту или другую сторону согласно заданию.

Дозы хлора устанавливаются заведующим лабораторией совместно с заведующим фильтрами.

После обследования работы хлораторов в новом сборном резервуаре дежурный идет в старый сборный резервуар, где производит осмотр аппаратов, списывает показания приборов, проверяет остаточный вес в работающих баллонах, берет пробы воды из труб, отводящих ее в машинное здание, производит анализ воды и в зависимости от полученных результатов устанавливает работу аппаратов.

После этого дежурные возвращаются в новый сборный резервуар, где после записывания полученных сведений о работе аппаратов в старом сборном резервуаре в чистовой журнал производят работу сначала в вышеуказанном порядке.

Кроме вышеуказанного дежурные при хлораторах обязаны во время своих обходов сборных резервуаров сообщать дежурным на фильтрах уровни воды в резервуарах.

При переключении баллонов или при смене их дежурные обязаны сейчас же записывать в журнал номера баллонов, вес тары и общий вес баллонов с хлором и определять чистый вес хлора в баллонах, находящихся в данный момент на весах.

Регулировка работы хлораторов производится не только путем анализов воды, но и путем определения фактического расхода хлора на 1 дм³ или 1 л воды, поступившей в сборные резервуары.

Ввиду того, что оба сборные резервуара разделены каждый на две самостоятельно работающие части, количество воды, поступающее в резервуары, необходимо определить для каждой половины резервуаров отдельно.

В новом сборном резервуаре имеются водомеры с указателями-счетчиками, и поэтому определение количества поступающей в резервуары воды — просто.

Определяется по счетчикам разность показаний за определенный период времени, и расход хлора за то же время делится на полученную кубатуру воды.

Определение количества воды, поступающей в старый сборный резервуар ввиду отсутствия в нем водомеров, производится путем подсчета по скоростям фильтрации английских фильтров, работающих на старый сборный резервуар.

Для определения количества воды, поступающей на старый сборный резервуар, дежурные при хлораторах получают сведения о скоростях на фильтрах и о всех изменениях в них от дежурных на фильтрах.

Определение количества воды, поступающей в старый сборный резервуар, производится или путем подсчета или помощью составленной для этого таблицы.

Определение остаточного активного хлора в воде при выходе ее из резервуаров производится путем анализа. Нормы остаточного хлора устанавливаются заведующим лабораторией. От величины остаточного хлора в воде после сборных резервуаров может зависеть решение вопроса о дозе хлора. Поэтому в тех случаях, когда анализы дадут большие отклонения от установленных норм в дозе хлора, дежурные обязаны довести об этом до сведения заведующего лабораторией на предмет получения соответствующих распоряжений.

Дежурство при хлораторах должно производиться непрерывно — в три смены (по 8 часов).

Дежурные не должны уходить с дежурства, не сдав смену. В случае опаздывания сменяющего свыше 10 минут дежурный извещает об этом по телефону заведывающего фильтрами и только по его распоряжению может оставить дежурство до прихода очередной или вновь назначенной смены; при этом заведующий фильтрами или его заменяющий должен лично принять смену и передать вызванному запасному дежурному. На обязанности слесаря, наблюдающего за работой хлораторов, лежит:

1. Проверка и наблюдение за работой аппаратов (хлораторов) в обоих сборных резервуарах.
2. Наблюдение за работой вентиляторов, водомеров, трубопроводов и вообще всего оборудования хлораторных помещений.
3. Ремонт, регулировка и чистка аппаратов.
4. Смена и переключение баллонов.
5. Заготовка запасных частей.
6. Проверка и ремонт весов под баллонами.

Чистка и тщательный осмотр хлораторов должны производиться один раз в месяц. Чистка весов должна производиться через два месяца.

Вызовы слесаря могут производиться при следующих обстоятельствах:

- а) для переключения и включения баллонов;
- б) для смены баллонов;
- в) при обнаружении утечки газа;
- г) при замеченной неправильности в показаниях аппарата, манометров и т. д.;
- д) при неисправности работы вентилятора или его остановки;
- е) при уменьшении или прекращении подачи воды в хлораторах;
- ж) при порче счетчика у водомеров только в дневную смену.

(В ночную смену подсчет количества воды, поступающей в новый сборный резервуар, производить по скорости фильтров, работающих на новый сборный резервуар.)

На обязанности слесаря лежит забота, чтобы на весах были всегда запасные баллоны.

При смене или переключении баллонов слесарь должен проверять исправность арматуры на баллонах и производить определение, какой газ находится в баллонах; это делать до доставки баллонов в хлораторное помещение.

Баллоны с неисправной арматурой и замеченной из них утечкой газа ни в коем случае не должны приноситься в хлораторное помещение до исправления повреждения и устранения утечки газа.

При чистке и ремонте хлораторов должно быть обращено самое серьезное внимание на состояние диафрагм в редукционных клапанах, а также соединительных частей.

В случае глубокого загрязнения стеклянной ваты в фильтрах хлораторов таковая должна полностью заменяться свежей.

При поверхностном загрязнении фильтрующей ваты может быть сменен только верхний загрязненный слой.

При перестановке баллонов слесарь обязан списывать номера баллонов с неисправной арматурой и сообщать их заведующему фильтрами на предмет составления актов.

Смена баллонов должна производиться в следующем порядке:

1. Сначала снимаются с весов и удаляются из помещения отработанные баллоны, после чего производится взвешивание оставшихся на весах баллонов.

Табель хлорирования воды на
Новый сборный

Рублевской насосной станции.
резервуар.

Дежурство 15.II 1931 г. от 4 до 12 часов

Месяц и число	Время записи		Определение количества воды, поступающей в резервуар		Уровень воды	Анализ воды			Примечание	
	Часы	Минуты	По шкале водомера м³ в час	Показания счетчика		Часовое поступл. воды в м³	мг хлора в литрах			
							В п. входящей камере	В отводящей камере		Цветность

Правая половина

15.II	4	15	1 291	+ 425	= 1 719	0,04	0,05	0,00	
	6	45	1 300	- 425	= 1 725	0,04	0,05	0,00	
	8	45	1 282	- 425	= 1 707	0,05	0,05	0,00	
	10	45	1 306	- 425	= 1 731	0,01	0,05	0,00	

Левая половина

15.II	4	45	0 80	534 532	1 074	+ 425	= 1 499	0,01	0,00
	6	45	0 80	534 749	1 080	+ 425	= 1 505	0,05	0,00
	8	45	0 80	5 351 103	1 062	+ 425	= 1 487	0,06	0,00
	10	45	0 80	535 465	1 086	+ 425	= 1 511	0,06	0,00

В 6 ч. 45 м. расчет воды взят по шкале Часы счетчика остановились Часы счетчика заведены

Давление в баллоне	Показания манометров			Определение расхода хлора						Часовой расход хлора	Доза хлора в мг/л	
	В хлораторе	В смесителе	Расход хлора по указателю	Температура помещения	Номера всех баллонов		Номера работающих баллонов	Время включ. в работу	Вес в кг			
					Часы	Минуты			Вес баллонов с тарой			Вес тары

2,9	0,62	0,85	450	7,5					315,65	4	50	606	625	0,35	0,37
2,8	0,7	0,85	450	6					314,4	6	50	604	625	0,35	0,36
2,7	0,7	0,85	450	5,5					313,2	8	50	598	600	0,35	0,35
2,6	0,68	0,8	450	7					312,0	10	5	606	600	0,3	0,36

2,00	0,6	1,45	550	7,5					268,9	4	51	525	450	0,35	0,30
1,8	0,6	1,4	570	6					267,8	6	51	527	550	0,35	0,37
1,7	0,6	1,4	570	5,5					266,7	8	51	521	550	0,35	0,37
1,7	0,6	1,4	570	7					265,6	10	51	529	550	0,35	0,37

2. Приносятся и устанавливаются на весы и взвешиваются новые баллоны; при этом записываются в журнал номера вновь поставленных баллонов, вес их тары, если таковой обозначен на баллонах.

Включение баллонов в работу должно производиться в следующем порядке:

- проверяются все соединения от баллонов до аппарата;
- проверяется плотность сальников у вентиля баллона;
- открывается вентиль для впуска воды в смеситель, после чего открывается немного пусковой вентиль. На баллоне проверяется плотность всех соединений до аппарата на

утечку газа, и, если все оказывается в порядке, осторожно немного открывают пусковой вентиль на аппарате и наблюдают повышение давления по манометру, которое должно подниматься медленно. В то же время наблюдается повышение столбика жидкости в указателе расхода хлора. Быстрое открывание пускового вентиля на аппарате может вызвать замораживание сначала подводящей хлор трубки, а затем и аппарата. Замораживание трубок может расстроить соединения, вызвать порчу редуктора, а попадание жидкого хлора в указатель расхода его—может вызвать закупорку всего аппарата. Аппарат после этого приходится выключить из

ТАБЕЛЬ ХЛОРИРОВАНИЯ НА РУБЛЁВ

Старый сборный резервуар.

Месяц и число	Время записи		Определение количества воды, поступающей в сборн. резервуар							Анализ воды			Примечание
	Часы	Минуты	Скорость английских фильтров в мм в час	Кубических метров	Скорость английских фильтров в мм в час	Кубических метров	Скорость английского фильтра в мм в час	Кубических метров	Общее количество воды	Количество воды в половине резервуара	Приводящая камера	Отводящая камера	
Правая половина													
4/1	4	00	—	2 540	200 740	—	3 100	6 380	3 190	—	0,14	0,00	В 10 ч. 30 м. количество воды взято из расчета 6 380 + 6 590
	6	00	—	2 540	200 740	—	3 100	6 380	3 190	—	0,14	0,00	
	8	40	—	2 750	200 740	—	3 100	6 590	3 285	—	0,15	0,00	
	10	00	—	2 750	200 740	—	3 100	6 800	3 400	—	0,14	0,00	
Левая половина													
15/II	4	00	—	2 540	200 740	—	3 100	6 380	3 190	—	0,14	0,00	2
	6	00	—	2 540	200 740	—	3 100	6 380	3 190	—	0,14	0,00	
	8	40	—	2 750	200 740	—	3 100	6 540	3 285	—	0,14	0,00	
	10	00	—	2 960	200 740	—	3 100	6 800	3 400	—	0,14	0,00	

работы, производить разборку, промывку и чистку всех его частей, на что потребуется много времени.

После доведения уровня жидкости в указателе до высоты, соответствующей требуемому расходу хлора, аппарат можно считать включенным в работу.

Работа в хлораторном помещении в момент смены баллонов, включения их в работу и ремонта хлораторов должна производиться при работающем вентиляторе и обязательно с противогазовых масках.

Прежде чем войти в хлораторное помещение, необходимо удостовериться, не имеется ли в нем хлорного газа.

СКОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Дежурство 15/II 1931 г. с 4 до 12 часов.

Показания манометров				Определение расхода хлора								Доза хлора в мг/л		
В баллонах	В хлораторе	В смесителе	Расход хлора по указателю	Температура помещения	Номера баллонов		Время включения в работу	Вес в кг		Время взвешивания	Расход хлора в час		Заданная	Фактическая
					Часы	Минуты		Вес баллона с тарой	Вес тары		Чистый вес хлора	По дозе и воде		
2,9	0,6	0,9	1 060	14,0°	—	—	4	30	353,75	—	1 117	1 225	0,35	0,38
2,8	0,6	0,9	1 030	14,0°	—	—	6	30	351,3	—	1 117	1 225	0,35	0,38
2,8	0,6	0,9	1 000	14,5°	—	—	8	30	349	—	1 133	1 150	0,35	0,36
2,7	0,6	0,9	1 000	13,5°	—	—	10	30	346,6	—	1 150	1 200	0,35	0,37
2,1	0,29	0,8	1 000	14°	—	—	4	21	5,9	—	1 117	1 254	0,35	0,39
2,4	0,28	0,8	960	14°	—	—	6	31	14,3	—	1 117	1 086	0,35	0,34
2,4	0,28	0,8	960	14,5°	—	—	8	31	12,1	—	1 133	1 100	0,35	0,34
2,2	0,28	0,8	980	13,5°	—	—	10	31	9,9	—	1 150	1 100	0,35	0,33

Это можно проделать, выкачивая воздух из помещения помощью особого приспособления в выходной двери.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОБОДНОГО ХЛОРА ОРТОТОЛИДИНОМ, ПРИМЕНЯЕМАЯ НА РУБЛЕВСКОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ.

Приготовление реактива: 1 г ортотоллидина при подогревании растворяют в 950 см³ разбавленной соляной кислоты (100 см³ HCl уд. в. 1,19 и 850 см³ дистиллированной воды). По растворении ортотоллидина реактив переливают в мерную колбу, при комнатной температуре доводят объем до 1 л

дистиллированной водой. Если нужно, фильтруют через сухой хорошо промытый фильтр; устанавливая мерную колбу с реактивом горлышком вниз в воронку с фильтром.

Ортотолидин имеет состав $(\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2)_2$ с положением 3—3", 4—4" групп NH_2 и NH_2 от связи бензольных колец; точка плавления 129° . Для определения активного хлора прибавляется на каждые 100 см³ воды 1 см³ реактива, причем правильнее прибавлять сначала реактив, а затем исследуемую воду. В присутствии активного хлора появляется желтое окрашивание, максимум которого наступает при комнатной температуре через 5—10 минут.

Количественное определение делается сравнением интенсивности окраски со шкалой окраски стандартов, приготовляемых на титрованном растворе активного хлора (1 см³ = 0,1 мг Cl_2), устанавливаемом иодометрически, причем титрованный раствор Cl_2 в количествах 0,01 мг, 0,02 мг и т. д. прибавляют к смеси 1 см³ реактива и 100 см³ дистиллированной воды хорошего качества (так наз. 2-я фракция дистиллята).

Американская стандартная методика рекомендует следующие минеральные стандарты, приготовленные из подкисленных серной кислотой растворов медного купороса и бихромата калия и подогнанные по тону и интенсивности к стандартам из титрованного раствора Cl_2 . Для приготовления минеральных стандартов должны быть готовы растворы:

1. CuSO_4 ; 15 г в литре дистиллированной воды + 10 см³ крепкой H_2SO_4
 2. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 0,25 г " " " + 1 см³ " H_2SO_4

Для приготовления образцов №№	Содержащего в 1 литре воды миллиграммов хлора	Надо взять		
		Раствора CuSO_4 в см ³	Раствора $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в см ³	Дистилл. воды
1	0,01	0,0	0,8	Доводит объем смеси дистиллированной воды до 100 к. с.
2	0,02	0,0	2,1	
3	0,03	0,0	3,2	
4	0,04	0,0	4,3	
5	0,05	0,4	5,5	
6	0,06	0,8	6,6	
7	0,07	1,2	7,5	
8	0,08	1,5	8,7	
9	0,09	1,7	9,0	
10	0,10	1,8	10,0	
11	0,20	1,9	20,0	
12	0,30	1,9	30,0	
13	0,40	2,0	38,0	
14	0,50	2,0	45,0	

Примечания.

1. Колориметрирование можно производить в аммиачных цилиндрах, конических колбочках или (проще всего) в склянках с притертыми пробками однотонного белого стекла с чертой на 100 см³.

2. При заметной цветности исследуемой воды окраска ее должна вычитаться, или сравнение должно производиться в особом компараторе с наложением на стандарт второй склянки с исследуемой водой, подкисленной соляной кислотой (1 см³ разбавленной в 10 раз соляной кислотой уд. в. 1,19) и на исследуемую воду с реактивом второй склянки с дистиллированной водой.

3. Ортотолидин не является строго специфическим реактивом на активный хлор и дает окраску с некоторыми другими окислительными и восстановительными веществами.

И Н С Т Р У К Ц И Я

ДЕЖУРНОМУ ДОЗИРОВЩИКУ ЧУЛКОВСКОЙ ВОДОПОДЪЕМНОЙ СТАНЦИИ В г. ТУДЕ.

Хлорирование воды хлорной известью.

1. Дежурный дозировщик является ответственным лицом по станции хлорирования за все время дежурства.

2. Главнейшей задачей дежурного дозировщика является обеспечение правильной подачи раствора хлорной извести во всасывающую сеть водопровода, причем подача раствора хлорной извести должна проводиться непрерывно, а количество раствора изменяться в зависимости от дозы, крепости раствора и количества подаваемой воды.

3. Одновременно с проведением хлорирования дежурный дозировщик производит простейшие исследования воды (определение прозрачности, количества хлоридов, количественное определение свободного хлора).

Вступление на дежурство.

1. Являясь согласно расписанию на дежурство, дозировщик принимает станцию хлорирования от дежурившего и предыдущую смену, в чем и расписывается в журнале хлорирования.

2. В случае обнаружения при сдаче дежурства недостатков поломки или порчи в аппаратуре, установке и вообще в обо

рудования станции, вступивший на дежурство отмечает недостатки в журнале хлорирования и в случаях срочных немедленно сообщает заведующему станцией хлорирования лично или по телефону на квартиру.

3. Дежурный обязан по вступлении в смену ознакомиться по журналу хлорирования со всеми распоряжениями заведующего станцией хлорирования и санитарного врача, занесенными в журнал за время, истекшее с прошлого его дежурства.

Заготовка раствора хлорной извести.

1. Затирка хлорной извести производится дежурным третьей смены (с 4 до 12 часов ночи).

2. Приготовление раствора производится в специальной комнате на третьем этаже здания водоканализации («затирочная»).

3. Перед началом работы пускается в ход электрический вентилятор, надеваются защитная маска и очки.

4. Известь растирают с небольшим количеством воды до образования кашицы и постепенно прибавляют воду из водопроводного крана при дальнейшем помешивании, так чтобы раздробить все комочки извести.

5. Затирка извести производится в одной или двух кадках по очереди по 4 кг; отстоявшийся раствор перепускается по трубопроводу в сборный чан, причем определяется концентрация раствора в кадке и в чану.

6. После спуска раствора хлорной извести из кадки дозировщик доликает израсходованную кядку водой, тщательно размешивая и растирая известь; после отстаивания в течение трех часов вторично по трубопроводу раствор хлорной извести перепускается в сборный чан с определением концентрации раствора в кадке и в чану (второй слив).

7. Точно так же производится долив воды, размешивание, отстаивание и перепуск раствора в сборный чан еще два раза (третий и четвертый сливы) до полного истощения хлора в хлорной извести.

8. Количество затертой извести, налитой воды и крепость раствора обязательно отмечают в журнале хлорирования.

9. Отстоявшийся раствор извести должен быть прозрачным; образовавшуюся на поверхности раствора пленку снимают.

10. Нерастворившиеся остатки извести вместе с пленкой выливаются в уборную водопровода (по отводной трубе из затирочной).

Наполнение рабочего бака раствором хлорной извести.

1. Дежурный дозировщик следит за количеством раствора, находящимся в работающей дозирующей бачке, и своевременно заготавливает запасный дозирующий бачок, наполняя его раствором хлорной извести следующим путем.

2. В чистый бак по трубопроводу из сборного чана сливают прозрачный раствор хлорной извести с таким расчетом, чтобы иметь в баке концентрацию в 1 см^3 , разведенного водой раствора, превышающую установленную дозу на 1 л не более, как в 10 раз, например концентрация раствора хлорной извести в сборном чану 5 мг в 1 см^3 ; доза впускаемого активного хлора $0,25 \text{ мг/л}$, следовательно необходимо наполнить крепким раствором из чана примерно половину объема бака и разбавить его водой; тогда следует ожидать концентрацию разбавленного раствора в $2,5 \text{ мг}$ в 1 см^3 . Такой расчет устанавливается для поддержания струи хлора в пределах около $400\text{—}300 \text{ см}^3$ в минуту, в соответствии с количеством подаваемой воды насосами в город; при малой струе труднее поддерживать ее равномерность и постоянный уровень в воронке и добиться равномерного смешивания струи хлора с подаваемой водой.

3. Запасный рабочий бак с влитым в него крепким раствором хлорной извести из сборного чана по трубопроводу, по указанному выше расчету, доливается водой до краев, причем дозировщик помешивает раствор и дает отстояться ему пять минут. После этого из крана запасного бака спускается в подставленную кружку разведенный раствор, первая порция которого содержит осадок, пока из крана не пойдет прозрачная жидкость; тогда запасной бак готов для хлорирования воды.

4. Перед пуском в работу наполненного запасного бака обязательно определяется крепость раствора и заносится в журнал хлорирования.

Определение концентрации раствора хлорной извести.

1. В обязанность дежурного дозировщика включается определение концентрации раствора хлорной извести при вступлении на дежурство, при каждом новом наполнении дозирующей бачка раствором и при приготовлении раствора хлорной извести в затирочном помещении (отдельно в чану и в затирочных кадках — первый слив, второй слив, третий слив).

2. Определение концентрации раствора хлорной извести проводится следующим методом.

В чисто вымытую колбу или стакан отмеривают пипеткой ровно 2 см^3 раствора, к нему прибавляют 20 см^3 дистиллированной воды и добавляют 5 капель раствора серной кислоты 1 : 3. Все это встряхивают осторожным поворачиванием посуды, после чего прибавляют 2 см^3 раствора иодистого калия. После добавления иодистого калия жидкость принимает цвет от слабо- до темножелто-бурого вследствие выделения хлором иода в кислом растворе из раствора иодистого калия.

Бюретку наполняют готовым раствором гипосульфита (1 см^3 раствора гасит 1 мг хлора) до деления 0, причем наблюдают, чтобы в наконечнике бюретки не было пузырьков воздуха. Из бюретки по каплям приливают гипосульфит, пока жидкость не примет светложелтый цвет, затем прибавляют 4—5 капель раствора крахмала, после чего жидкость окрашивается в синий цвет, потом продолжают осторожно гасить гипосульфитом по одной капле до полного обесцвечивания жидкости. По количеству израсходованного гипосульфита определяется количество активного хлора, например гипосульфита из бюретки ушло 3 см^3 , следовательно активного хлора содержалось в 2 см^3 —3 мг, а в 1 см^3 — $3 : 2 = 1,5$ мг. Для точного определения титровать (гасить) следует два раза и брать среднюю цифру, т. е. если первый раз гипосульфита ушло $2,3 \text{ см}^3$, а во второй— $2,5 \text{ см}^3$, то складывая $2,3 + 2,5$, получаем 4,8.

Средняя цифра $4,8 : 2 = 2,4$, а в 1 см^3 $2,4 : 2 = 1,2 \text{ см}^3$.

Необходимые реактивы.

1. Чистая серная кислота, разведенная 1 : 3.
2. 10% раствор иодистого калия.
3. Крахмальный клейстер.
4. Раствор гипосульфита такой крепостью, что 1 см^3 гасит 1 мг хлора.
5. Растворы получают у заведующего станцией хлорирования.

Установка струи раствора хлорной извести.

1. Обязанностью дежурного дозировщика является поддержание постоянного поступления раствора хлорной извести из дозирующего бачка свободной струей в стеклянную воронку с постоянным уровнем.

2. Струя раствора, вытекающая из дозирующего бачка, устанавливается на определенный объем в минуту по песоч-

ным часам; кран трубки, принимающей хлорный раствор из воронки, регулируется дежурным дозировщиком так, чтобы поддерживать постоянный уровень раствора в воронке.

3. Определение нужного объема хлорного раствора, подаваемого струей из дозирующего бачка, производится на основании указанных в журнале доз активного хлора в миллиграммах на литр воды, крепости хлорного раствора, определяемого дозировщиком, и количества подаваемой воды, сообщаемого по рупору дежурным машинистом из машинного отделения.

Пример: доза 0,2 мг/л, подача 2 000 л в минуту, крепость раствора 2 мг хлора в 1 см³; струя хлора должна равняться

$$\frac{2\,000 \times 0,2}{2} = 200 \text{ см}^3 \text{ в минуту.}$$

4. В целях упрощения и ускорения определения необходимого объема струи раствора хлорной извести в минуту дежурный дозировщик вынимает из стола готовую таблицу, где на определенную дозу хлора нанесены высчитанные объемы струи в минуту при разной концентрации раствора и разных показаний подачи воды насосами в минуту.

5. В целях упрощения в работе в этих таблицах подача воды насосами в минуту сопровождается соответствующими показаниями ртутного столба водомера.

6. От дежурного машиниста по рупору дежурный дозировщик получает не реже четырех раз в час показания ртутного столба в миллиметрах; по этим показаниям он в таблице находит подачу воды насосами в минуту и нужную подачу раствора хлорной извести (объем вытекающей струи в минуту) при указанной дозе и определенной дозировщиком концентрации раствора.

7. При постоянной подаче одного и того же количества воды насосами в минуту задачей дозировщика является поддерживать правильный объем вытекающей струи из дозирующего бачка в воронку, путем проверки не реже четырех раз в час объема воды мензуркой по песочным минутным часам. Одновременно дозировщик устанавливает от руки кран воронки так, чтобы приток в воронку равнялся оттоку из воронки, т. е. чтобы хлорный раствор в воронке все время находился на постоянном уровне, отмеченном чертой. В случае неисправности крана воронки подача хлорного раствора регулируется нижним краном на стерилизационной трубке под полом.

8. При изменении подачи воды насосами дежурный дозировщик, согласно переданным по рупору показаниям ртут-

ного столба, по таблице находит нужный объем струи в минуту и регулирует поступление раствора в воронку, прикрывая или открывая кран дозирующего бачка с соответствующей проверкой установленного объема мензуркой по песочным часам и с одновременным прикрытием или открытием нижнего крана воронки, поддерживая уровень раствора в воронке постоянным (на уровне черты).

Наблюдение за водой, лежащее на обязанности дозировщика.

На обязанности дежурного дозировщика лежит проведение простейших исследований водопроводной воды, а именно:

- 1) определение прозрачности,
- 2) определение избытка хлора,
- 3) количественное определение хлоридов.

Измерение прозрачности водопроводной воды.

1. Дежурный дозировщик обязан не менее одного раза в смену измерить прозрачность воды, отмечая результат в журнале хлорирования.

2. Для определения прозрачности исследуемая вода вливается в металлический цилиндр длиной в 120 см со стеклянным дном; цилиндр помещается на хорошо освещенном месте (естественным или искусственным светом). Под стеклянное дно цилиндра помещается шрифт Снеллена № 1, получаемый у заведующего станцией хлорирования.

3. Прозрачность водопроводной воды г. Тулы 120 см; при невозможности, вследствие помутнения воды, прочесть шрифт Снеллена через столб воды в 120 см часть воды выпускается через кран до тех пор, пока глаз дозировщика, помещенный над цилиндром, не станет различать шрифт. Высота столба воды, имеющейся в этот момент в цилиндре, сквозь которую возможно чтение шрифта № 1, и определяет прозрачность воды.

4. В случае падения прозрачности водопроводной воды ниже 120 см дежурный дозировщик срочно сообщает заведующему станцией лично или по телефону на квартиру.

Определение количества хлоридов.

1. Дежурный дозировщик обязан не менее одного раза в смену определять количество хлоридов в водопроводной воде.

2. Для определения хлоридов в стакан наливается 50 см³ водопроводной воды, 5 капель раствора хромокислого калия и смесь титруется раствором азотнокислого серебра (1 см³ которого соответствует 1 мг хлоридов) до слабокирпично-красного цвета. Количество израсходованного серебра на 5 см³ воды записывается в журнале хлорирования.

Пример вычисления: израсходовано раствора серебра 1,5 см³ до появления упомянутой окраски; следовательно в 50 см³ содержится хлоридов 1,5 мг, а в литре — $1,5 \times 20 = 30$ мг.

3. При повышении содержания хлоридов в воде выше 36 мг, дежурный дозировщик сообщает заведующему станцией хлорирования или звонит ему на квартиру.

4. Во время половодья, паводков, сильных дождей и в другие моменты, опасные по загрязнению воды, определение прозрачности и определение хлоридов ставится дежурным дозировщиком чаще, чем раз в смену, по отдельному распоряжению заведующего станцией.

Количественное определение избытка хлора.

1. В фарфоровую или эмалированную, внутри совершенно белую миску емкостью в 1 л, наливается вода из водопроводного крана, взятая после выпуска воды в раковину в течение 10 минут; к воде прибавляется 20 капель раствора серной кислоты, 20 капель раствора иодистого калия при постоянном смешивании, затем добавляют 10 капель крахмального клейстера. Посинение жидкости указывает на наличие свободного хлора (избытка хлора); жидкость, оставшаяся бесцветной, свободного хлора не содержит вовсе. Посиневшая жидкость титруется раствором гипосульфита, слабым, разведенным в 10 раз, т. е. такой крепости, что 1 см³ раствора гасит $\frac{1}{10}$ мг хлора.

Количество израсходованного раствора гипосульфита на обесцвечивание 1 л воды, уменьшенное в 10 раз, дает количественное определение избытка хлора; например для обесцвечивания посиневшей воды в количестве 1 л израсходовано 0,9 см³ слабого раствора гипосульфита (1 см³ которого равняется 0,1 мг хлора). Избыток хлора в данной воде равен $0,9 : 10$, т. е. 0,09 мг/л.

2. Количественное определение избытка хлора в воде из крана лаборатории водопровода производится дежурным дозировщиком не менее 8 раз в смену (каждый час); при закрытии задвижек в подземном резервуаре, когда подаваемое насосами количество воды в минуту резко падает, определение избытка в воде производится тотчас же по получении

телефонного извещения из водонапорной башни с закрытием задвижек и вторично через 15 минут с отметкой избытка хлора в журнале хлорирования.

3. Дежурный дозировщик обязан срочно лично или по телефону сообщить заведующему станцией хлорирования при повышении избытка хлора по следующей схеме:

при дозе	0,12,	если избыток хлора	повысится	до	0,06
»	»	0,15	»	»	»
»	»	0,2	»	»	»
»	»	0,25	»	»	»

Сдача дежурства.

1. Кончающий свое дежурство дозировщик передает заступающему станцию хлорирования на ходу и знакомит вступающего на дежурство со всеми распоряжениями заведующего станцией хлорирования, санитарного врача и заведующего водопроводом, сделанными на его дежурстве. Распоряжения, полученные по телефону, дежурный дозировщик обязан записать в журнал хлорирования и ознакомить с ними вступающего на дежурство.

Заведующий станцией хлорирования *Воробьев.*

Санитарный врач *Лещинский.*

*Утверждаю Н. Семашко. Согласовано
с НКВД, ВСНХ СССР и ВСНХ РСФСР.
№ 85/мв 31/XII 1930 г.*

ПОЛОЖЕНИЕ О ПОСТОЯННОМ ЛАБОРАТОРНОМ КОНТРОЛЕ ЗА ХЛОРИРОВАНИЕМ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД.

1. Ввиду введения хлорирования питьевых и сточных вод в городах, рабочих поселках и других населенных местах, фабрично-заводских и промышленных предприятиях, а также в отдельных крупных хозяйствах, зданиях, больницах, лабораториях и т. п. как обязательного мероприятия постоянного или временного характера, устанавливается постоянный обязательный контроль за хлорированием.

2. Лабораторный контроль за хлорированием имеет целью установление правильной методики хлорирования, определение точных доз необходимого для хлорирования активного хлора, выяснение результатов хлорирования и проработку других научных и практических вопросов, связанных с хлорированием, в зависимости от местных условий.

Табель хлорирования воды на Чулковской водоподъемной станции в Туле. Декабрь 1930 г.

Число	Часы	Время	Показания ртутного столба	Подача воды насосами литров в минуту	Доза впускаемого активного хлора в миллиграммах на литр воды	Концентрация раствора хлорной извести (миллиграммы активного хлора в 1 см ³)	Подача раствора хлорной извести. Количество куб. сантиметров в минуту	Прозрачность воды в сантиметрах	Избыток хлора	Фамилия дежурного (подпись) и его замечания
7	4—5	дня	260	3 858	0,15	1,5	385	120	—	(Готов)
	4—5	»	220	3 540	0,15	1,5	354	120	—	
	4—5	»	220	3 540	0,15	1,5	354	120	—	
	4—5	»	220	3 540	0,15	1,5	354	120	—	
	5—6	»	180	3 228	0,15	1,5	322	—	0,07	
	5—6	»	180	3 228	0,15	1,5	322	—	0,07	
7	5—6	веч.	180	3 228	0,15	1,5	322	—	—	Реакция на хлор.; израсходовано на 50 см ³ воды 1,8 см ³ раствора серебра. Крепость новой кадки—0,4 (слив пятый). Крепость старой кадки—6,6. Первый слив. Второй налив. Крепость чана 5,7.
	5—6	»	180	3 228	0,15	1,5	322	—	—	
Затерта хлорная известь в новую кадку 4 кл.										
7	6—7	веч.	190	3 300	0,15	1,5	330	—	—	Крепость старой кадки—6,6. Первый слив. Второй налив. Крепость чана 5,7.
	6—7	»	190	3 300	0,15	1,5	330	—	—	
	6—7	»	160	3 060	0,15	1,5	306	—	—	
	6—7	»	160	3 060	0,15	1,5	306	—	0,06	
	7—8	»	140	2 850	0,15	1,5	285	—	—	
	7—8	»	160	3 060	0,15	1,5	306	—	—	
	7—8	»	160	3 060	0,15	1,5	306	—	—	
	7—8	»	160	3 060	0,15	1,6	286	—	—	
Задвижки в подземном резервуаре открыты.										
7	7—8	веч.	260	3 858	0,15	1,6	361	—	—	Реакция на хлориды. Израсходовано на 50 см ³ воды 1,8 см ³ раствора серебра.
	8—9	»	260	3 858	0,15	1,6	361	—	—	
	8—9	»	260	3 828	0,15	1,6	361	—	—	
	8—9	»	260	3 828	0,15	1,6	361	—	—	
	8—9	»	260	3 828	0,15	1,6	361	—	0,06	
	9—10	»	260	3 828	0,15	1,6	361	—	—	
	9—10	»	240	3 720	0,15	1,6	348	—	—	
	9—10	»	240	3 720	0,15	1,6	348	—	—	
	9—10	»	240	3 720	0,15	1,6	348	—	—	
	10—11	»	240	3 720	0,15	1,6	348	—	—	
	10—11	»	240	3 720	0,15	1,6	348	—	—	
	10—11	»	240	3 720	0,15	1,6	348	—	—	
По распоряжению зав. станц. стерилизации воды Я. Н. Воробьева доза остается та же, т. е. 0,15 мг										
7	11—12	веч.	240	3 720	0,15	1,6	348	—	—	(Готов)
	11—12	»	240	3 540	0,15	1,6	331	—	0,06	
	11—12	»	240	3 540	0,15	1,6	331	—	—	
	11—12	»	240	3 540	0,15	1,6	331	—	—	

3. Лабораторный контроль за хлорированием проводится местными санитарно-бактериологическими лабораториями и институтами, находящимися в ведении отделов здравоохранения, или специальными лабораториями при водопроводных и канализационных очистных сооружениях, находящихся под их непосредственным руководством, и при обязательном надзоре за установками и очистными сооружениями со стороны санитарных врачей.

4. Все необходимые средства на оборудование лабораторий для контроля за хлорированием, на организацию самого лабораторного контроля, на содержание персонала, ведущего хлорирование и лабораторный контроль за ним, и на текущие расходы по проведению хлорирования и лабораторного контроля — отпускаются по специальным сметам, составленным отделами здравоохранения, учреждениями и хозяйственными организациями, в ведении которых находятся водопроводы, канализационные установки, фабрики, заводы и другие предприятия, для вод которых применяется хлорирование. Ежегодные ассигнования, согласно сметам отделов здравоохранения, вносятся в соответствующие ежегодные промфинпланы.

5. Отделы здравоохранения обязаны немедленно по получении настоящего положения приступить к организации лабораторного контроля за хлорированием и получить необходимые средства на это от учреждений и организаций, упомянутых в ст. 4, с тем чтобы лабораторный контроль был установлен не позднее 1 февраля 1930 г. В случае, если почему-либо хлорирование питьевых и сточных вод до сего времени не введено, соответствующие учреждения и организации должны его ввести, а отделы здравоохранения наблюдать за своевременностью его введения.

О ПРОВЕДЕНИИ РЕГУЛЯРНОГО НАДЗОРА И ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ЗА ЦЕНТРАЛЬНЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ.

(Цирк. НКВД № 135 от 5/IV 1927 г. Цирк. НКЗ № 198 от 4/XII 1926 г.)

В мае с. г. в г. Ростове-на-Дону произошло загрязнение городского водопровода, в результате которого произошла вспышка желудочно-кишечных заболеваний и развитие тифозной эпидемии. Только благодаря скорому определению этого загрязнения лабораторией и принятию срочных мер загрязнение водопровода было быстро ликвидировано. Случай в г. Ростове-на-Дону дает еще раз подтверждение необходимости и важности лабораторного контроля центрального

водоснабжения и ставит перед НКЗ и НКВД вопрос о принятии срочных мер к правильной постановке лабораторного контроля, который, несмотря на ряд центральных указаний, до сего времени еще не всеми органами здравоохранения и коммунального хозяйства правильно и систематически проводится на местах. Поэтому НКЗ и НКВД предлагает в срочном порядке во всех населенных местах, имеющих центральное водоснабжение, принять срочные меры к установке постоянного и систематического санитарно-технического надзора и лабораторного контроля за работой водопроводов и очистительных сооружений на них, а именно:

1. Необходимо назначить определенных санитарных врачей и техников, ответственных в надзоре за водопроводом и его очистительными сооружениями.
2. Установить на тех лабораториях, которые имеют при водопроводах постоянный ежедневный контроль за водопроводной водой и за результатами работы очистительных сооружений водопровода под ответственностью заведующих лабораториями, определяя обязательный минимум бактериологических и химических анализов воды.
3. Имеющимся химико-бактериологическим лабораториям и институтам здравотделов, помимо лабораторий на водопроводе, ввести исследование водопроводной воды как параллельную проверку и установить самую тесную связь с лабораторией на водопроводе.
4. На тех водопроводах, где специальных лабораторий для исследования воды нет, в случае близости от водопроводов химико-бактериологических лабораторий или институтов здравотделов, установить лабораторный контроль на последних, на основаниях, указанных во 2-м п.
5. На тех водопроводах, где нет водных лабораторий, а химико-бактериологические лаборатории и институты здравотделов находятся далеко или не приспособлены для проведения постоянного лабораторного контроля за водопроводной водой и работой очистительных сооружений на водопроводе, коммунальным совместно со здравотделами приступить к выяснению вопроса об устройстве специальных лабораторий для постоянного бактериологического и химического анализа воды и устройства таковых, если годовая стоимость содержания лабораторий не превысит 2% от годового бюджета обслуживаемого ею водопровода.
6. На всех водопроводах, где по определению санитарного надзора необходимо установление хлорирования воды, приступить к хлорированию таковой и поверке результатов хлорирования лабораторным путем, установить также постоянный надзор и контроль за хлорированием как со стороны санитарного надзора, так и технического.
7. На всех водопроводах, где уста-

новки по хлорированию воды имеются, проверить их устройство, в случае надобности немедленно же произвести необходимый ремонт и переустройство согласно указаниям санитарного и технического надзора. 8. В части, касающейся деятельности лабораторий по санитарной охране водоснабжения все лаборатории, находящиеся на водопроводе, должны быть под руководством и наблюдением не только технического, но и санитарного надзора. 9. Ответы о санитарном и техническом надзоре и лабораторном контроле за водопроводом и его очистительными сооружениями должны присылаться ежемесячно как в отдел здравоохранения, так и в коммунальный отдел. Технический и санитарный надзор должен сведения о лабораторном контроле получать ежедневно. 10. Для санитарного и технического надзора и контроля за водопроводом и его очистительным сооружением, а также по хлорированию, надзору и контролю за ними должны быть выработаны совместно органами здравоохранения и коммунального хозяйства соответствующие правила и инструкции, которые в копии должны быть пересланы в НКЗ и НКВД. 11. Периодически, по мере надобности, но не реже четырех раз в год, должны быть совместные совещания работников по центральному водоснабжению при участии всех заинтересованных ведомств и специалистов для заслушивания отчетов и обсуждения всех вопросов, касающихся санитарного и технического надзора и лабораторного контроля, а также других мероприятий по улучшению центрального водоснабжения. 12. Считая, что надзор и контроль за водопроводом, его очистительным сооружением и хлорированием, а также лабораторные исследования воды и хлорирования, составляют неперемennую часть в организации центрального водоснабжения, в сметах водопровода следует предусмотреть специальные кредиты на них по согласованию коммунотделов с органами здравоохранения, если этот кредит не превышает 2,0 бюджета водопровода.

*№ 168/31—15/V. 1929 г «Утверждаю»
Н. Семашко.*

САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА ПО ХЛОРИРОВАНИЮ ПИТЬЕВЫХ ВОД.

1. В населенных местах, пользующихся водопроводной водой, на всех водопроводах, где вода для питьевых и хозяйственных целей получается из водных источников, которые подвергаются загрязнению выше или у места забора воды или у которых возможность такового загрязнения таково, что устанавливается местными санитарными органами,

должно проводиться по указанию санитарных органов хлорирование воды до подачи ее потребителю. Хлорирование воды в этих случаях производится как поверхностных, так и грунтовых вод.

2. В случаях, указанных в ст. 1, хлорирование воды производится обязательно:

а) если нет очистных сооружений;

б) если очистные сооружения имеются, но получаемая после очистки вода не является безупречной в санитарном отношении;

в) если очистные сооружения имеются, но они не могут дать безупречной в санитарном отношении воды в некоторые периоды значительного загрязнения водных источников (паводки и т. п.);

г) во время появления в данном населенном месте или в окружающем районе эпидемии брюшного тифа, дизентерии, холеры или массовых желудочно-кишечных заболеваний. Обязательное хлорирование проводится или в течение всего года (пункты а и б), или периодически на определенное время (пункты в и г).

3. В населенных местах, не пользующихся водопроводной водой, хлорирование воды, употребляемой для питьевых и хозяйственных целей, производится по требованию санитарных органов: а) как постоянное, когда население пользуется исключительно недоброкачественной в санитарном отношении водой, б) как временная мера на сроки, устанавливаемые санитарными органами во всех остальных случаях.

4. В целях установления показаний для хлорирования, выяснения дозировки и времени контакта хлора с водой, периодов, в течение которых требуется хлорирование и т. п., производится предварительно подробное санитарное и лабораторное исследование водного источника, служащего для питьевых и хозяйственных целей населения, с определением качества воды и характера имеющегося или могущего быть загрязнения, выясняется устройство водного сооружения, мощность очистных его установок и результаты очистки воды после прохождения ее через каждую очистную установку.

5. На основании результатов санитарного и лабораторного исследований санитарными органами устанавливаются основные положения для хлорирования, которыми намечаются: характер хлорирования (постоянное, временное) и периоды хлорирования (период паводков и др.), оборудование для хлорирования, место ввода хлора, доза хлора и

время контакта его с водой, порядок контроля и надзора за хлорированием и т. п. Разработанные основные положения, согласованные с заведующим водопроводом, после утверждения их местными отделами здравоохранения и коммунального хозяйства, приводятся в исполнение.

6. На основании утвержденных основных положений для хлорирования и опытных данных разрабатывается специальная инструкция для персонала, проводящего хлорирование воды, ведущего надзор за хлорированием и лабораторный контроль за ним. Инструкция вывешивается для постоянного пользования на водопроводе, а указанный персонал детально инструктируется и знакомится с правилами хлорирования, надзора и контроля за ним, а также с основными сведениями по гигиене воды.

7. При установлении характера хлорирования воды (постоянное, временное) и периодов хлорирования необходимо особое внимание обратить на водопроводы, пользующиеся водой открытых водоемов (реки, озера и т. п.), на водопроводы, не имеющие очистных сооружений, или на которых очистные сооружения не дают гарантии в получении доброкачественной в санитарном отношении воды, на водопроводы, пользующиеся водой из водоемов, где возможно бактериальное загрязнение воды, на особые условия, способствующие загрязнению воды — периоды паводков и т. п.

8. Хлорирование воды на водопроводах может производиться раствором хлорной извести или жидким хлором. На случай порчи хлоратора или задержки в получении баллонов с жидким хлором обязательно должны иметься установки для хлорирования раствором хлорной извести и при хлорировании жидким хлором.

9. Хлорирование по возможности должно производиться в воде просветленной отстаиванием, коагулированием или дутьем просветленной отстаиванием, коагулированием или фильтрованием. Доза хлора устанавливается опытным путем, причем вода, поступающая потребителю после хлорирования, не должна содержать свободного хлора. Контакт хлора с водой должен быть не менее одного часа. При меньшем времени контакта хлора с водой должна быть увеличена доза хлора.

10. Точная дозировка хлора должна устанавливаться и проверяться путем химико-бактериологического исследования. Проверка дозы хлора должна повторяться не реже трех раз в неделю при постоянном составе воды. Определение свободного хлора в воде, поступающей потребителю, после

хлорирования должно производиться ежедневно путем химического исследования.

11. При применении больших доз хлора и невозможности увеличить время пребывания хлорированной воды в резервуаре до исчезновения свободного хлора в воде, поступающей потребителю, допускается с разрешения санитарных органов дехлорирование гипосульфитом, сернистокислым натрием. Количество необходимого дехлората должно определяться путем химического исследования ежедневно.

12. Контроль за результатами хлорирования воды должен проводиться путем бактериологического исследования воды до и после хлорирования ее при постоянном составе воды не реже чем через день, при меняющемся составе воды— ежедневно. Бактериологический анализ должен состоять в определении общего количества бактерий и кол-титра.

13. При проведении хлорирования воды на водопроводе должны быть установлены обязательный надзор и контроль за хлорированием, причем химический контроль должен производиться обязательно на самом водопроводе, а бактериологический контроль и полный химический анализ, при отсутствии специальной лаборатории на водопроводе, в санитарно-бактериологической лаборатории здравоодела, согласно циркуляру Наркомздрава и НКВД от 4 декабря 1926 г. за № 198 (Бюллетень НКЗ за № 24 1926 г.). Все данные хлорирования и лабораторного контроля должны регистрироваться путем записей в специальных ведомостях или тетрадях.

Примечание. При отсутствии санитарно-бактериологической лаборатории в населенном месте, где проводится хлорирование воды, указанные требования лабораторного контроля хлорирования могут быть изменены санитарными органами согласно местным условиям с тем однако, что понижение требований не могло вредно отразиться на качестве подаваемой воды потребителю.

14. Все химические и бактериологические анализы должны производиться согласно «Стандартным методам исследования питьевых и сточных вод» издания 1927 г., а определение свободного хлора в воде кроме того согласно Standard Methods for the examination of Water and Sewage, 1925 г. ортотолидиновой пробой.

15. При применении для хлорирования воды на водопроводе хлорной извести необходимо иметь следующее оборудование: а) бак для приготовления раствора хлорной из-

вести; б) бак для отстоявшегося раствора хлорной извести, из которого раствор вводится в воду для хлорирования; в) дозирующий бачок для регулирования расхода раствора хлорной извести; г) резервуар для смешания воды с раствором хлорной извести и для контакта их при проведении дехлорирования дополнительно; д) бак для раствора дехлората и е) прибор, регулирующий расход раствора дехлората.

Примечание. При невозможности иметь специальный резервуар для смешения воды с раствором хлорной извести и контакта в течение двух часов допускается с разрешения местных санитарных органов использовать в качестве такого резервуара водонапорные баки. Раствор хлорной извести вводится в конец напорной трубы перед изливанием воды в бак. Перед началом хлорирования бак должен быть очищен и дезинфицирован раствором хлорной извести (5—10 мг активного хлора на 1 л).

16. При каждом употреблении хлорной извести из новой партии и упаковки должно обязательно проводиться определение активного хлора в хлорной извести.

17. Хлорная известь должна храниться в особом, сухом, прохладном, защищенном от солнца и света и хорошо вентилируемом помещении. Раскупоренная бочка после взятия необходимого количества хлорной извести должна вновь тщательно закупориваться.

18. При применении для хлорирования воды на водопроводе жидкого хлора необходимо иметь: а) помещение для аппарата-хлоратора и б) резервуар для смешения воды с хлором и контакта их. Помещение, в котором устанавливаются хлоратор и баллоны с хлором, должно быть отапливаемым, светлым и оборудовано хорошей мощной вентиляцией для удаления хлора в случае неисправности аппарата (при выделении из аппарата хлор размещается в нижних слоях помещения).

19. Перед употреблением хлоратора должна быть тщательно проверена дозировка хлора аппаратом, а сам хлоратор тщательно собран, чтобы газ не мог просачиваться в помещение.

20. На случай обнаружения в помещении выделившегося из аппарата хлора должны иметься наготове специальные противогазовые маски и специальный выход из помещения с дверьми, открывающимися наружу.

21. Качество хлора, его упаковка и прием должны соответствовать стандарту, установленному Комитетом стандартизации при СТО СССР.

22. Хлорирование воды при отсутствии центрального водоснабжения должно производиться в специально устроенных баках, бочках или кадках. Производство хлорирования в самом водоеме (колодце, пруде и т. п.) не допускается.

23. При хлорировании воды в населенных местах, не пользующихся водопроводной водой (ст. 3), соблюдаются все требования и показания, указанные выше, и применяется оборудование, указанное в ст. 15, причем при хлорировании небольших количеств воды баки для раствора хлорной извести могут быть заменены бутылками, а дозирующие бочки могут не устраиваться. При хлорировании воды в небольших количествах требования по контролю хлорирования могут быть изменены санитарными органами в зависимости от местных условий и применены упрощенные способы определения активного хлора в хлорной извести, его дозирования и установления свободного хлора в воде.

24. При необходимости предварительного обезвреживания самого водоема (колодец, бак и т. п.), из которого берется вода для питьевых и хозяйственных целей, дезинфекция производится раствором хлорной извести согласно следующим правилам:

а) определяется количество воды в водоеме (колодце) путем измерения объема водоема (колодца), занимаемого водой, и перечисления его в литры;

б) выкачивается вода из водоема (колодца) и очищаются дно и стенки от загрязнения и осадка;

в) обмываются стенки и дно водоема (колодца), если оно имеется, раствором хлорной извести с количеством активного хлора в растворе 5—10 мг на 1 л;

г) после наполнения водоема (колодца) водой прибавляется раствор хлорной извести с таким расчетом, чтобы на каждый литр всей воды, имеющейся в водоеме (колодце), приходилось 5—10 мг активного хлора; вся масса воды в водоеме (колодце) хорошо перемешивается с раствором и оставляется в покое на 10—12 часов (лучше с вечера до утра);

д) по истечении указанного в п. «г» времени производится откачка воды от водоема (колодца) до тех пор, пока исчезнет из воды запах хлора.

25. Хлорирование небольших количеств воды в домашней обстановке или в условиях похода (экспедиции и т. п.) производится упрощенным способом согласно прилагаемой при сем инструкции.

26. На основании настоящих правил губернские, областные и краевые отделы здравоохранения, путем соответствующего обследования санитарных органов и химико-бактерио-

логического исследования санитарно-бактериологических лабораторий или институтов устанавливают все населенные места и водопроводы, где должно проводиться обязательное хлорирование воды, и после согласования списка этих населенных мест и водопроводов с соответствующими ведомственными органами (отделом коммунального хозяйства, советом народного хозяйства и т. п.) и утверждения его исполкомом, организуют правильную постановку хлорирования, обращая особое внимание на надлежащий контроль и надзор за хлорированием. Списки населенных мест и водопроводов, где должно производиться обязательное хлорирование, утвержденные исполкомом, присылаются в копии в Наркомздрав.

Приложение. Инструкция по хлорированию небольших количеств воды.

А. Приготовление 1% раствора хлорной извести.

1. Измеряется емкость бутылки, в которой будет находиться раствор хлорной извести, литровой меркой Госметра или, за отсутствием ее, водочной бутылкой ($\frac{1}{20}$ ведра).

2. Вычисляется необходимое количество хлорной извести для приготовления 1% раствора в количестве, соответствующем емкости измеренной бутылки, из расчета 10,0 хлорной извести на 1 л воды, или 6,0 хлорной извести на бутылку.

3. Отвешивается вычисленное количество хлорной извести и тщательно растворяется с небольшим количеством воды для превращения в кашицу.

4. Полученная смесь (кашица) сливается в измеренную бутылку, которая добавляется водой до измеренного объема и тщательно размешивается путем взбалтывания.

5. Бутылку с приготовленным 1% раствором хлорной извести плотно закупоривается и держится до употребления в защищенном от света месте. Так как раствор хлорной извести употребляется в свежем виде, то он должен готовиться и храниться в количестве не более чем на дневное применение.

Б. Определение дозы хлорной извести, необходимой для хлорирования.

1. Три одинаковой емкости ведра наливаются водой, которую предположено хлорировать.

2. В ведра с водой прибавляется 1% раствор хлорной извести: в первое ведро — полчайной ложки, во второе — 1 чайная ложка, а в третье — 2 чайных ложки.

3. После прибавления 1% раствора хлорной извести вода тщательно перемешивается и оставляется в покое на 1½ часа.

4. По истечении 1½ часов вода пробуетя на вкус. Берется та доза 1% раствора хлорной извести, которая дает в ведре едва заметный вкус хлора в воде. В случае полного исчезновения запаха хлора во всех ведрах следует считать, что 1% раствора хлорной извести было прибавлено недостаточно,— доза мала; резкий запах, наоборот, указывает, что доза велика; в этих случаях следует дозу изменить (уменьшить или увеличить) и повторить опыт.

5. Вместо определения навкус необходимой дозы 1% раствора хлорной извести для хлорирования можно пользоваться для определения химическими способами:

а) по истечении 1½ часов стояния воды, перемешанной с 1% раствором хлорной извести, берется из каждого ведра по полстакану воды;

б) к каждому стакану прибавляется 5 капель разведенной серной кислоты (разведение—1 часть серной кислоты на 3 части воды), 5 капель 10% раствора иодистого калия и 5 капель крахмального клейстера и все тщательно перемешивается;

в) при наличии свободного хлора в воде, вода в стакане синее и тем сильнее, чем больше в ней свободного хлора. Берется та доза 1% раствора хлорной извести, которая дает едва заметное посинение. В случае отсутствия посинения (1% раствора хлорной извести взято мало) или очень резкого посинения (1% раствора хлорной извести взято много) опыт повторяется.

В. Техника хлорирования воды.

1. Берется чистая кадка, бочка и т. п., в которой будет производиться хлорирование, и в нее наливается определенное количество воды.

2. Берется приготовленного 1% раствора хлорной извести столько ложек, сколько требуется прибавить на все число налитых в бочку ведер воды по расчету установленной опытным дозой, выливается в бочку и тщательно перемешивается с водой.

3. Перемешанная вода с влитым 1% раствором хлорной извести оставляется в покое на 2—3 часа, после чего вода пригодна для употребления.

Примечание. Вода для хлорирования берется прозрачная. В случае невозможности получить прозрачную воду допускается хлорирование и мутной воды, но результаты могут получиться ненадежные.

Утверждено:
Народный комиссар здравоохранения: Семашко
Согласовано с НКВД: Корнев.
№ 90/мз б/Г 1930 г.

САНИТАРНЫЕ ПРАВИЛА ПО ХЛОРИРОВАНИЮ СТОЧНЫХ ВОД.

1. Обезвреживанию (дезинфекции) путем хлорирования должны подвергаться все сточные воды с территории населенных мест (городов, рабочих, дачных и курортных поселков и селений), заводских и фабричных предприятий, лечебно-санитарных и ветеринарных учреждений, жилых и других зданий и сооружений, содержащие или могущие содержать возбудителей заразных заболеваний людей и животных и создавать опасность заражения воды и почвы и распространения инфекции. Указанные сточные воды могут поступать в водоем или общую массу сточных вод лишь после хлорирования.

2. Хлорирование указанных в статье 1 сточных вод устанавливается санитарными органами в каждом отдельном случае: а) или как мероприятие постоянное, б) или как временная мера на определенный срок.

3. Хлорирование сточных вод не может быть рассматриваемо как метод, заменяющий очистку этих вод. Сточные воды, подвергшиеся хлорированию, должны соответствовать санитарным правилам о спуске сточных вод, принятым Ученым медицинским советом 10 мая 1929 г. и утвержденным Наркомздравом за № Б-170/31 от 16 мая 1929 г. («Вопросы здравоохранения» № 20, 1929 г.).

4. Дезинфекционное действие хлорирования сточных вод достаточно надежно лишь для осветленной жидкой части сточных вод, почему на надлежащую предварительную очистку сточных вод должно быть обращено особое внимание при хлорировании. Твердые части сточных вод (осадок) обезвреживаются (дезинфицируются) отдельно путем их смешивания с равной частью водной 5—10% смеси хлорной извести.

5. Хлорирование сточных вод производится раствором хлорной извести или элементарным хлором. При хлорировании элементарным хлором, на случай порчи хлоратора или задержки в получении баллонов с хлором, должны иметься установки для хлорирования раствором хлорной извести.

6. Для использования элементарного хлора могут применяться аппараты Орнштейна, Ремесницкого, Парадона, Уоллес-Тирнана, а при их отсутствии — выпуск хлора через редукционный клапан, причем во всех случаях контроль дозы

хлора должен производиться по действительному расходу хлора, учитываемому при помощи весов.

7. Раствор хлорной извести готовится в 1—2% по весу. Доза хлора, обычно применяемая для дезинфекции сточных вод, ориентировочно считается в 5—50 мг активного хлора на 1 л в зависимости от концентрации сточных вод.

8. Точная доза хлора как при применении элементарного хлора, так и раствора хлорной извести, устанавливается в каждом отдельном случае опытным путем — химико-бактериологической проверкой, причем доза хлора должна быть установлена так, чтобы после получения надлежащего бактерицидного успеха (ст. 9), остаточная доза активного хлора в хлорированной воде не падала ниже 0,5—1,0 мг в 1 л в течение 1—2 часов.

• **Примечание.** При невозможности производства бактериологического анализа в исключительных случаях при установлении дозы хлора для хлорирования можно руководствоваться указанными в ст. 8 количествами остаточного хлора.

9. Достаточно эффективным понижением количества бактерий в сточной воде при ее хлорировании может считаться их уменьшение на 99% и во всяком случае не ниже 95%.

10. Контроль за результатами хлорирования сточной воды должен производиться путем химического и бактериологического исследования сточной воды до и после хлорирования ее при постоянном составе сточных вод не реже двух раз в неделю, а при резко меняющемся составе их — ежедневно. Исследование сточной воды должно включать определение остаточного хлора и числа бактерий.

11. Активный хлор в сточной воде контролируется иодометрическим титрованием 0,01-нормальным гипосульфитом согласно «Стандартным методам исследования питьевых и сточных вод», изд. 1927 г. (Москва).

Примечание. При невозможности химического контроля в исключительных случаях можно руководствоваться наличием слабого, но отчетливого различного запаха хлора. При наличии в сточной воде солей железа, азотистой кислоты и окисляющих веществ реакция на активный хлор иодокрахмальной пробой не доказательна, почему следует руководствоваться запахом или повторной пробой с иодистым калием и крахмалом, но при нейтральной реакции (без добавления кислоты). Наличие отчетливого запаха хлора и при от-

рицательной реакции считается признаком на присутствии активного хлора.

12. Все данные хлорирования и лабораторного контроля должны регистрироваться путем записей в специальных ведомостях или тетрадях, а за проведением хлорирования установлен обязательный надзор и контроль местными санитарными органами.

13. При применении для хлорирования хлорной извести необходимо иметь следующее оборудование: а) бак для растворения хлорной извести, б) бак для расходования ее раствора, в) дозирующий бачок для равномерной подачи раствора хлорной извести, г) смеситель, д) резервуар для контакта хлора со сточной водой. При хлорировании сточной воды элементарным хлором следует иметь следующую аппаратуру: а) баллон с хлором, поставленный на весы, в) хлоратор одной из указанных в ст. 6 систем или редукционный клапан, г) смеситель, д) резервуар для контакта хлора со сточной водой.

Примечание. При невозможности иметь особый смеситель в исключительных случаях, с разрешения санитарных органов, если имеется два или более резервуаров, которые можно наполнять и опоражнять попеременно, допускается вводить хлорную известь в них при условии самого энергичного перемешивания лопатой, веслом и т. п.

14. Для лучшего перемешивания сточной воды с хлором следует применять перегородчатые или иных систем смесители. Для расчета перегородчатых смесителей устанавливается время пребывания не менее 5—10 минут, а скорость движения жидкости в смесителе около 30 мм/сек.

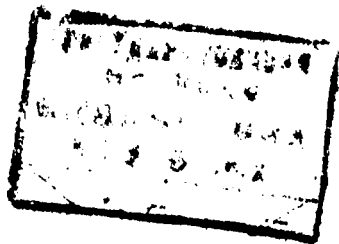
15. Контакт сточной воды с хлором должен быть не менее 1—2 часов, причем в резервуаре, в котором происходит этот контакт должны быть поставлены направляющие течение вертикальные перегородки.

16. Прием, исследование и хранение хлорной извести, устройство помещения для хлоратора, меры предохранения при работе с элементарным хлором проводятся согласно ст.ст. 14, 16, 17, 18, 19, 20 и 21 «Санитарных правил по хлорированию питьевых вод», изданных Наркомздравом за № 168/31 от 15 мая 1929 г. («Вопросы здравоохранения», № 20, 1929 г.).

17. На основании настоящих правил окружные, областные и краевые отделы здравоохранения путем обследования санитарными органами и химико-бактериологического исследе-

дования санитарно-бактериологическими лабораториями или институтами устанавливают те населенные места, предприятия, учреждения, здания и т. п., где должно проводиться обязательное хлорирование сточных вод и после согласования списка этих мест с соответствующими ведомственными органами (отделом коммунального хозяйства, советом народного хозяйства и т. п.) и утверждения его исполкомом или горсоветом организуют правильную постановку хлорирования, обращая особое внимание на надлежащий контроль и надзор за хлорированием. Утвержденные списки мест, где должно проводиться обязательное хлорирование, посылаются в копии в Наркомздрав.

18. До начала хлорирования санитарными органами совместно с санитарно-бактериологическими лабораториями или институтами разрабатываются основные положения для хлорирования и после согласования с заведующим канализацией, предприятием, учреждением и т. п. утверждаются местным отделом здравоохранения. В указанном положении должно быть определено: характер хлорирования (постоянное, временное), период хлорирования, оборудование для хлорирования, место ввода хлора, доза хлора и время контакта его со сточной водой, порядок надзора и контроля за хлорированием и т. п. Кроме того должна быть разработана специальная инструкция для персонала, проводящего хлорирование, ведущего надзор и лабораторный контроль за ним. Инструкция вывешивается в здании, где производится хлорирование, для постоянного пользования ею, а персонал детально инструктируют и знакомят с правилами хлорирования, надзора и контроля за ним, а также с основными сведениями по гигиене.



ЛИТЕРАТУРА.

Питьевые воды.

Зимин Б. Н., Стерилизация питьевой воды хлором. Труды IX водопроводного съезда, т. IV, стр. 707, Москва 1909.

Броновицкий Г. Ю. и Держговский С. К., Результаты обеззараживания воды Дона раствором хлорной извести на Ростовской водопроводной станции, Петербург, 1913.

Войткевич А. и Иванецкая А., Опыты по стерилизации и осветлению воды, „Изв. Постоянного бюро водопроводных и санитарно-технических съездов“, 1916.

Озеров С. А., Материалы к теории и практике хлорирования воды. Москва, 1918.

Prof. Bruns Hugo, Die Desinfektion des Trinkwassers in Wasserleitungen mit Chlor, «Das Gas und Wasserfach». 1922, H. 45, 46, 47, 48.

Loester. Über hygienische Verhältnisse der Talsperren—Wasserversorgung der Stadt Altona i. W. und Sterilisation des Entnahmewassers vermittels Chlorgas, «Das Gas und Wasserfach», 1922, H. 20.

Handbuch der Ärztlichen Erfahrungen im Weltkrieg. 1914—1918, Band VII, 1922.

Selter S. und Gilgers W., Bedeutung des Chlorgasverfahrens für die Trinkwasserversorgung, «Gesundheits-Ingenieur», 1923, H. 12.

Dr Bach, Desinfektion des Abwassers mit Chlor, «Das Gas und Wasserfach»; H. 47—48. 1922.

Инж. Данилов Ф. А., Стерилизация водопроводной воды газообразным хлором, «Вестник инженеров», 1925 г. № 11.

Fuller George, Development of water purification, Surrmevor, 1924.

Эльманович Н. А., Современные способы очистки питьевой воды. Ленинград 1925.

Инж. Ковров К. П., Хлоратор системы д-ра Орнштейна. «Вопросы коммунального хозяйства», 1926 г., № 5.

Water works practice. A manual issued by the american water works association. 1926.

Schwarzbach, Chlorgas-Sterilisation von Trinkwasser und seine besondere Bewährung bei Hochwasser, «Das Gas und Wasserfach», 1926, s. 272.

Ornstein, Erfahrungen mit dem Chlorgasverfahren in der Wasser- und Abwasserbehandlung, «Zeitschrift für angewandte Chemie», September, 1926, № 35.

Войткевич А., Мишустин Е. и Рунов Е., Материалы к теории хлорирования воды, «Гигиена и эпидемиология», 1924, № 3, 1926, № 9.

Проф. Хлопин, Химические и микробиологические методы санитарных исследований питьевых и сточных вод.

Инж. Лазарев В., Новости американской практики в деле очистки воды на центральных водоснабжениях. Доклад на съезде эпидемиологов, бактериологов и санитарных врачей в Ленинграде, 1928.

Ellms, Joseph W., Water purification, 1928.

Ornstein, Trinkwasserreinigung in Nord-Amerika, mit besonderer Berücksichtigung der Chlorung, «Das Gas und Wasserfach», 1928, November.

Donnelly K. V., Data on applying chlorine to safeguard watersystem. Water Works engineering, February 1, 1928.

С. В. Андросова и В. Я. Дайн, Привозное водоснабжение на железнодорожном транспорте, «Гигиена и эпидемиология» № 10, 1929.

Ebeling und Schröder, Über freies aktives Chlor im Wasser und seine Wirkung auf Fische und andere Wasserorganismen, Zeitschr. f. Fischerei, Bd. XXVII, J. 1929, H. 3.

Гущин Н., Водопровод г. Дрездена. «Коммунальное хозяйство» № 21--22, 1929.

Clintock M., Sterilisation of pipe lines while under construction, Water Works Engineering № 12, 1929.

Закатов В. Н. Типы хлораторов для обезвреживания воды жидким хлором, Изд. Бюро «Нентун», Москва 1930.

Углов В. А., проф., Теория и практика хлорирования воды, Изд. «Научная Мысль». Харьков 1930.

Малишевский Н. Г., проф., Очистка питьевой воды. Госиздат, 1930.

Standard Methods for the examination of Water and Sewage, Sixth edition, 1925; New-York.

Стандартные методы исследования питьевых и сточных вод, издание Бюро всесоюзных водопроводных и санитарно-технических съездов, 1927.

Сточные воды.

Jmhoff, «Fortschritte der Abwasserreinigung», Berlin 1926.

Дунбар, Очистка сточных вод, 1910.

Bach H., Chlorgas in der Abwasserreinigungstechnik, Techn. Gem. 1925, № 15/16.

Bach H., «Desinfektion des Abwassers mit Chlor» Wasser u. Gas, 1923, № 47/48.

Bach H., Zur Frage der Abwasserbehandlung mit Chlorgas, Wass. u. Gas, 1921, № 49.

Orustlin G., Erfahrungen mit dem Chlorgasverfahren der Wasser und Abwasser Behandlung; «Vom Wasser», Bd. I, Mai 1926.

Orustlin G., Chlorgasanwendung für Wasser-und Abwasserbehandlung in Amerika. «Vom Wasser», II Band, 1928.

Lillmans J., Über die Verwendung von Chlorgas bei der Abwasserreinigung, ges. Jug., 1922, H. 20.

Д

13262